



Tatiana Filomena da Silva Neto

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

Políticas e Medidas de Mitigação de Poluição Atmosférica em Megacidades

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão e
Políticas Ambientais

Orientador: Prof. Doutor Francisco Manuel Freire
Cardoso Ferreira, Professor Auxiliar, FCT- UNL

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Lia Maldonado Teles de Vasconcelos

Arguente: Mestre Joana Vasconcelos Monjardino

Vogal: Prof. Doutor Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira

Políticas e Medidas de Mitigação de Poluição Atmosférica em Megacidades

Copyright © 2016, Tatiana Filomena da Silva Neto, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Lisboa da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa. Todos os direitos reservados.

Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Esta tese levou algum tempo a ser feita, e ao fazê-la contraí grandes dívidas de gratidão. A todos, perdoem-me estas palavras desastradas

Ao Professor Francisco Ferreira, pela orientação e disponibilidade durante todo o trabalho.

Aos meus pais, pelo seu apoio incondicional – sem eles não seria possível.

À minha turma de MGPA, cujos sábados passados na FCT eu recordo sempre com saudade.

Ao Pedro, à Sónia, à Ana, à Diana e ao Sérgio – que foram durante todos estes anos de faculdade fontes inesgotáveis de estímulo, conselhos e amizade.

Se eu não for por mim, quem será?

Se eu for só por mim, quem serei eu?

Se não agora, quando?

- Hilel, o Ancião

Resumo

A qualidade do ar nos grandes centros urbanos é relevante pelo impacto que pode ter na saúde pública. À escala planetária os poluentes atmosféricos podem sobreviver por dias e ser transportados milhares de quilômetros antes de afetar o ar, solos, rios, lagos e/ou agricultura, trazendo uma série de problemas diferentes, como por exemplo a formação de partículas, ozono ao nível do solo e formação de chuva ácida.

Os poluentes originários dos vários setores – transporte, energia, indústria, agricultura, atividades residenciais e outras – para além de problemas locais, podem ter repercussões regionais ou globais, dando origem a fluxos de poluição transfronteiriça.

O presente trabalho efetua um diagnóstico e identifica as políticas e medidas tomadas em diferentes setores de vinte cidades selecionadas de acordo com a sua dimensão (megacidades), ponderando igualmente a seriação da *World Health Organization* (WHO) relativamente aos poluentes partículas PM_{2.5} e PM₁₀.

A qualidade do ar em diversas megacidades não teve melhorias significativas na qualidade do ar, sendo isso possível verificar através das concentrações dos poluentes em cada uma delas. Cidades que tomaram medidas tímidas ou mal geridas ou coordenadas com outras políticas, continuam a ter resultados negativos na saúde humana, ecossistemas e no contributo que fazem em termos de emissões de gases com efeito de estufa com repercussões nas alterações climáticas.

A avaliação do impacto das medidas na qualidade do ar revelou que as medidas com maior sucesso são aquelas que têm maior aceitação social e são melhor compreendidas pelos decisores políticos. As cidades situadas em países desenvolvidos são as que têm o maior número de medidas implementadas e há mais tempo, sendo por isso mais fácil implementar medidas complementares quando necessárias. As cidades de países em desenvolvimento sofrem pressões ambientais agravadas pela pouca consciência social e política.

Conclui-se que as medidas têm de ser aplicadas respeitando as características e circunstâncias de cada país - o seu desenvolvimento social e económico e consciência social - para além de uma compreensão dos principais poluidores que causam degradação da qualidade do ar. A troca de experiências entre países e cidades será crucial no futuro, em especial nos países em desenvolvimento que terão novas megacidades e por consequência mais poluição. É importante a troca de informação, de dados e ações de cooperação para que se evitem erros do passado que podem ser amplificados nas megacidades recentes dos países em desenvolvimento.

Palavras-chave: Qualidade do ar; Megacidades; Políticas e Medidas; PM₁₀; PM_{2.5}; Países desenvolvidos; Países em desenvolvimento.

Abstract

The quality of large urban centers is relevant because of its impact on public health. At a planetary scale, atmospheric pollutants can survive for days and be transported thousands of kilometers before affecting soils, rivers, lakes and / or agriculture, bringing different problems, such as particle formation, ground level ozone and formation of acid rain.

The pollutants from several sectors – transport, energy, agriculture, residual activities and other sectors – give rise to pollutants that, in addition to local problems, may also result in several regional and global repercussions, originating streams of cross-border pollution

This study makes a diagnosis and assessed policies and measures taken in the different sectors in twenty cities selected according to their size (megacities), and also chosen amongst the *World Health Organization's* ranking (WHO) concerning PM_{2.5} and PM₁₀ particles.

The quality has been improved in cities with successful policies and measures, and that is possible to verify through the concentration of pollutants which have significantly decreased. Nevertheless, the cities which have taken bleak measures, poorly managed, and lacking coordination with other policies, still register negative results concerning human health, ecosystems and climate change

The impact assessment of the air quality measures has shown that the most successful measures are those with a larger social acceptance and that are best understood by policy-makers.

Cities located in developed countries are the ones with the largest number of implemented measures, and for the longest period of time. In these cases it will be easier to implement additional measures when necessary.

Cities located in developing countries are under a substantial number of environmental pressures that cities in developed countries have already overcome, and these pressures are aggravated by the very little social and political awareness founded in the developing countries

One may conclude that the measures have to be necessarily applied in accordance to each country's situation – regarding the country's social and economic development, as well as its social awareness – in addition to the understanding of the main pollutants that causes degradation of the air quality. An exchange of experiences between countries and cities will be crucial in the future, especially in developing countries that will have to face the emergency of mega-cities and, consequently, more pollution. Exchanging information, data and cooperation are important, in order to avoid past mistakes which can be amplified through the conditions emerged in the mega-cities located in developing countries.

Key words: Air quality; Mega-cities; Policies and Measures; PM₁₀; PM₂₅; Developed Countries; Developing Countries.

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1. Poluição atmosférica e qualidade do ar	3
2.1.1. Partículas	4
2.1.2. Ozono	6
2.1.4. Óxidos de Enxofre	8
2.1.5. Monóxido de carbono	10
2.1.6. Outros Poluentes	10
2.2. Principais processos associados à poluição atmosférica e suas consequências	12
2.2.1. Saúde Humana	12
2.3.2. Ecossistemas	14
2.3.3. Alterações Climáticas	15
2.3. Componente Transfronteiriça/planetária.....	16
2.4. As emissões associadas às Megacidades	17
2.5. Mecanismos de transporte hemisférico	18
2.6. Outras fontes relevantes de poluição à escala mundial	22
3. Metodologia	25
4. Enquadramento	27
4.1 Caracterização das megacidades.....	27
4.1.1. Agra	27
4.1.2. Bhopal	28
4.1.3. Bombaim.....	30
4.1.4. Buenos Aires	31
4.1.5. Cairo	32
4.1.6. Cidade do México.....	34
4.1.7. Jakarta.....	35
4.1.8. Londres	37
4.1.9. Los Angeles.....	38
4.1.10. Mazar- e Sharif	40
4.1.11. Nova Deli	41
4.1.12. Nova Iorque.....	43
4.1.13. Onitsha.....	44
4.1.14. Pequim.....	46
4.1.15. Peshawar.....	48

4.1.16. Rio de Janeiro.....	49
4.1.17. São Paulo	51
4.1.18. Tóquio	53
4.1.19. Xangai	55
4.1.20. Zabol	56
4.2. Estudo e avaliação das principais políticas e medidas tomadas nas megacidades para redução da poluição atmosférica	57
4.2.1. Transportes.....	57
4.2.2. Indústria	61
4.2.3. Energia	64
4.2.4. Agricultura.....	65
4.2.5. Residencial	66
4.2.6. Outras estratégias	67
4.3. Evolução da Qualidade do Ar nas Megacidades.....	69
4.4. Relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça	70
5. Conclusões.....	73
5.1. Principais conclusões	73
5.2. Limitações do estudo	75
6. Referências Bibliográficas.....	77
Anexos	85

Índice de figuras

Figura 1- Número de mortes atribuídas a poluição do ar (por 100.000 pessoas) por região, entre 2003-2010 (Fonte: WHO, 2012).	3
Figura 2- Emissões de PM2.5 por região e sector, em 2015.	5
Figura 3 -Cálculo anual das concentrações de ozono troposférico em 2000, obtido através de uma série de modelos.....	6
Figura 4 - Emissões de NOx por região e setor, em 2015.	8
Figura 5 - Emissões de SO2 por região e setor, em 2015.....	9
Figura 6- Número total de mortes causadas por partículas e ozono, por região, entre 2005 e 2010.	13
Figura 7- Transporte intercontinental no hemisfério norte no verão (a) e no inverno (b). (As setas coloridas indicam a fonte e o recetor das emissões – setas amarelas dizem respeito a transporte de plumas quem dura menos de 3 km acima da superfície, e as setas vermelhas dizem respeito a transporte de plumas quem dura mais de 3 km acima da superfície) Fonte: EPA, 2015.	17
Figura 8 - Percentagem urbana e locais de aglomeração urbanas, com mais de 500 000 habitantes, em 2014. Fonte: UN 2014.	177
Figura 9- Localização das colaborações internacionais de atividades de pesquisa: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD.	18
Figura 10- Localização das 20 cidades a serem caracterizadas no estudo.	277

Índice de Tabelas

Tabela 1- Setores de contribuição para os poluentes - CO ₂ , Pb, CH ₄ , Hg, HFC, POPs, NH ₃ - e seus efeitos na saúde, ecossistemas e alterações climáticas.	11
Tabela 2 – Descrição das colaborações internacionais de atividades de pesquisa: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD. (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; CityZen, 2012; Megapoli, 2016; NASA, 2013; NOAA, 2016)	13
Tabela 3 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente aos transportes, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000)	19
Tabela 4 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da indústria, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2015).....	58
Tabela 5 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da energia, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016)	61
Tabela 6 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da agricultura, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000).....	64
Tabela 7 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente às atividades residenciais, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2005)	65
Tabela 8 – Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente outras estratégias, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; Molina <i>et al.</i> , 2009)	66
Tabela 9 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente a outras estratégias, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades. (Fontes: Zhu <i>et al.</i> , 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2005)	67
Tabela 10 – Concentrações de PM ₁₀ e PM _{2.5} em 2011 e 2016 (Fontes: WHO, 2011; WHO, 2016)	69

Lista de Siglas e Acrónimos

CLRTAP - *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*

EPA - *US Environmental Protection Agency*

GEE – Gases de Efeito de Estufa

HTAP - *Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutants*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONU - Organização das Nações Unidas

SLCPs - *Short-Lived Climate Pollutants*

UNECE - *United Nations Economic Commission for Europe*

UNEP- *United Nations Environment Programme*

WHO – *World Health Organization*

1. Introdução

A poluição do ar causou mais de 5,5 milhões de mortes prematuras em todo o mundo, com a maioria das mortes a ocorrer em países cujas economias se desenvolveram rapidamente nos últimos dez anos (Brauer, 2016). Apesar dos esforços nos países desenvolvidos, que já progrediram muito no combate à poluição atmosférica nas últimas décadas, o número de pessoas que morre devido à baixa qualidade do ar nos países em desenvolvimento está a aumentar (Holloway, 2003).

Os efeitos resultantes de uma reduzida qualidade do ar são sentidos nas zonas urbanas de uma forma mais significativa, e dependem de vários fatores: desde a taxa de emissão, a localização e condições de emissão, transporte, topografia e meteorologia das cidades (EEA, 2014a). Os impactos da poluição na saúde pública são a principal preocupação e motivação da maioria das políticas, havendo uma forte evidência na ligação entre a poluição do ar e a mortalidade e morbilidade da população em geral, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (Holloway, 2003). Os efeitos adversos para a saúde podem ser observados a curto e médio prazo, sendo que nas últimas duas décadas aumentaram os riscos cardiovasculares devido à exposição a partículas inaláveis (PM_{10}), partículas finas ($PM_{2.5}$) e ozono (O_3) (Holloway, 2003).

As grandes zonas urbanas são as que mais sofrem com deterioração da qualidade do ar (EEA, 2014a), com poluentes originários dos vários setores – transporte, energia, indústria, agricultura, atividades residenciais e outras – que para além dos problemas locais, podem ter repercussões regionais ou globais, dando origem a fluxos de poluição transfronteiriça. Deste modo, torna-se necessário aplicar medidas que atuem nos setores mais problemáticos das zonas urbanas, com o objetivo de reduzir as emissões de poluentes e mitigar os efeitos na saúde humana e ecossistemas.

As cidades de grandes dimensões (megacidades) e as cidades mais problemáticas relativamente a partículas $PM_{2.5}$ e PM_{10} têm tomado medidas de mitigação a fim de poder resolver os problemas de poluição do ar nos diferentes sectores, que contribuem com maiores emissões de poluentes. A fim de identificar quais as cidades com melhores estratégias de prevenção de poluição, esta dissertação teve então três objetivos principais:

- Análise das Políticas e Medidas aplicadas nas vinte cidades relativas ao controle de emissões – com base nas principais medidas tomadas pelas vinte cidades, a análise foi dividida em seis grupos – transporte, indústria, energia, agricultura, residencial e outras estratégias. Cada um destes setores é responsável por elevadas emissões e deterioração da qualidade do ar.
- Análise da influência das Políticas e Medidas na qualidade do ar – onde foram analisados dados da WHO relativamente a partículas $PM_{2.5}$ e PM_{10} de 2011 e 2016, de modo a identificar alterações nos níveis de poluição nas várias cidades após a tomada de políticas e medidas de mitigação de emissões.
- Análise da relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça – análise do desenvolvimento de medidas a nível regional e global, bem como o fluxo de informação, recursos, tecnologia e conhecimento entre os países.

Esta tese encontra-se estruturada em cinco capítulos principais. Após a introdução, o segundo capítulo apresenta a revisão da literatura, onde são descritos os conceitos principais relativos à qualidade do ar, tendo em conta os principais poluentes atmosféricos, os principais processos associados à qualidade do ar e suas consequências, a componente transfronteiriça dos

poluentes, as emissões associadas às megacidades, mecanismos de transporte hemisférico e outras fontes relevantes de poluição à escala mundial.

O terceiro capítulo consiste na descrição da metodologia utilizada onde são apresentados os três critérios utilizados na escolha das vinte cidades estudadas. O quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos, tendo em conta a metodologia aplicada, dividindo-se em quatro partes principais: na primeira parte é feita uma caracterização das megacidades relativamente às suas características meteorológicas, topográficas e principais problemas de poluição do ar; em seguida é feito um estudo e avaliação das principais políticas e medidas tomadas nas megacidades relativamente à poluição atmosférica nos principais setores (transporte, indústria, energia, agricultura, residencial e outras estratégias relevantes); evolução da qualidade do ar nas megacidades e a relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça.

No quinto e último capítulo constam as conclusões principais, tendo em conta os três objetivos referidos. Neste capítulo são ainda referidas as limitações do trabalho desenvolvido.

2. Revisão de Literatura

2.1. Poluição atmosférica e qualidade do ar

A produção e consumo de energia influenciam em vários aspetos a vida urbana. Usamos energia para cozinhar, para aquecimento, nos transportes e processos industriais, e quanto maior for o crescimento urbano maior o uso de energia, refletindo-se num maior número de emissões (WHO/UNEP, 1992). Alguns dos poluentes atmosféricos resultam esmagadoramente da atividade humana e derivam de atividades de queima de combustíveis fósseis e de biomassa (IEA, 2016).

Segundo Molina e Molina (2004), a fraca qualidade do ar é o resultado de elevadas emissões e condições meteorológicas propícias a estagnações e inversões, o que inibe a dispersão dos poluentes emitidos para a atmosfera. De facto, as condições meteorológicas podem determinar uma má qualidade do ar; contudo, o rápido crescimento da população e a expansão urbana descontrolada, aumentam o consumo de energia e os problemas de poluição do ar. Por estas razões a avaliação da qualidade do ar torna-se crucial.

De acordo com o Artigo 1.º do Decreto nº45/80, de 12 de julho que transpõe *Convenção de 1979 sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa distância*, a expressão «*poluição atmosférica*» significa a introdução na atmosfera pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia que têm uma ação nociva, de forma a pôr em perigo a saúde do homem, a prejudicar os recursos biológicos e os ecossistemas, a deteriorar os bens materiais e a pôr em risco ou a prejudicar os valores estéticos e as outras legítimas utilizações do ambiente, sendo a expressão «*poluentes atmosféricos*» entendida no mesmo sentido.

Os impactos da poluição na saúde pública são a principal preocupação e motivação da maioria das políticas, havendo uma forte evidência na ligação entre a poluição do ar e a mortalidade e morbilidade da população em geral, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (Holloway, 2003). Os efeitos adversos para a saúde podem ser observados a curto e médio prazo, sendo que nas últimas duas décadas aumentaram os riscos cardiovasculares devido à exposição a partículas inaláveis (PM₁₀), partículas finas (PM_{2.5}) e ozono (O₃) (Holloway, 2003).

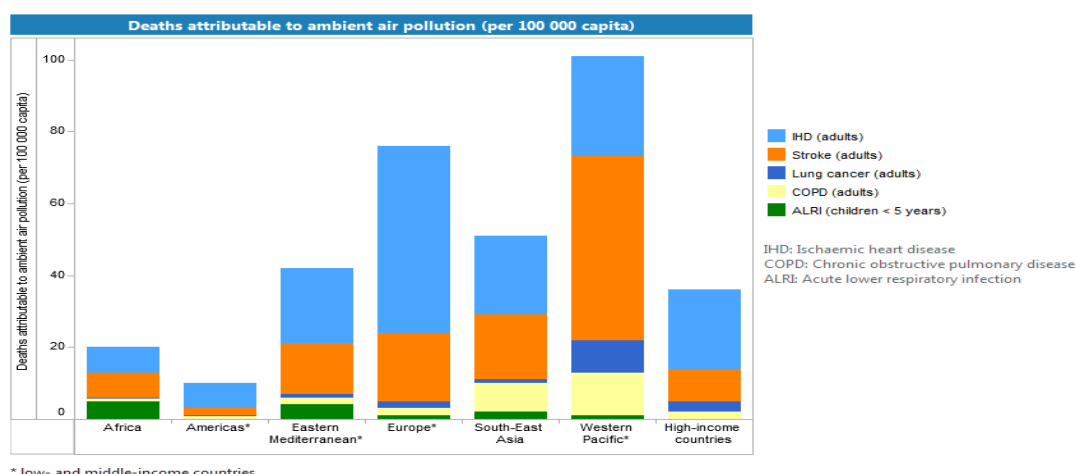


Figura 1- Número de mortes atribuídas a poluição do ar (por 100.000 pessoas) por região, entre 2003-2010 (Fonte: WHO, 2012).

A escolha de indicadores de poluição do ar é multifacetada, não havendo abordagens padronizadas para caracterizar poluentes específicos e as suas misturas. A poluição do ar

também tem diversos impactos a nível ambiental, influenciando os ecossistemas (por exemplo, através da deposição ácida e da eutrofização), colheitas agrícolas, acrescentando-se ainda as alterações climáticas, devido a poluentes que se comportam como gases de efeito de estufa (GEE). É importante notar que os poluentes, consoante o local e outros fatores combinados como condições meteorológicas, topográficas, geográficas e atmosféricas, criam condições ótimas para o surgimento de problemas para a saúde humana e ecossistemas (Brauer *et al.* 2012).

A poluição do ar é um problema generalizado em megacidades. Há uma grande necessidade de implementar medidas de controlo da poluição do ar na maioria das megacidades a fim de melhorar a qualidade do ar e, portanto, proteger a saúde pública. A tendência mostra-nos que muitos dos países em desenvolvimento estão a tornar-se mais industrializados, com emissões de poluentes atmosféricos suscetíveis de aumentar dramaticamente e por essa razão, há também uma grande necessidade de melhorar as capacidades de monitorização de poluição do ar (WHO/UNEP, 1992).

As medições dos poluentes atmosféricos são relevantes no processo de proteção do ambiente cujos dados provêm de estações de medição locais, aeronaves ou satélites. Evidências científicas convincentes indicam que a implementação de rápidas medidas de controlo e em larga escala poderiam trazer múltiplos benefícios a longo prazo para a proteção do clima, saúde pública e segurança alimentar e energética (Khwaja *et al.*, 2012).

Certas cidades como Bombaim e Pequim, ao longo do final do século XX, apresentavam dados de estações de medição de apenas alguns poluentes e cujos dados não refletiam em tempo real os seus níveis de concentração. O problema tornar-se-á maior no futuro, com novas megacidades como Lagos, na Nigéria, que não estão preparadas com processos de monitorização e gestão de qualidade do ar (Mage *et al.*, 1996).

Certos poluentes podem percorrer longas distâncias e influenciar a qualidade do ar noutras regiões. Há componentes locais e transfronteiriços a contribuir para os efeitos observados nas grandes cidades e por essa razão estas questões devem ser abordadas de uma forma sistemática e transversal. Muitas convenções e tratados têm sido desenvolvidos e assinados; porém, existem obstáculos à sua implementação, desde os recursos financeiros, suporte técnico, falta de coordenação, marcos regulamentares e legais insuficientes, falta de bases de dados e falta de consciencialização entre as populações e governos locais (Khwaja *et al.*, 2012).

2.1.1. Partículas

As partículas em suspensão (PM) são uma mistura de substâncias orgânicas ou inorgânicas que se encontram em suspensão na atmosfera, sob a forma líquida ou sólida. Podem ser diretamente emitidas para a atmosfera (partículas primárias) ou ser formadas na atmosfera (partículas secundárias inorgânicas ou aerossóis orgânicos) (Finlayson-Pitts *et al.*, 2000).

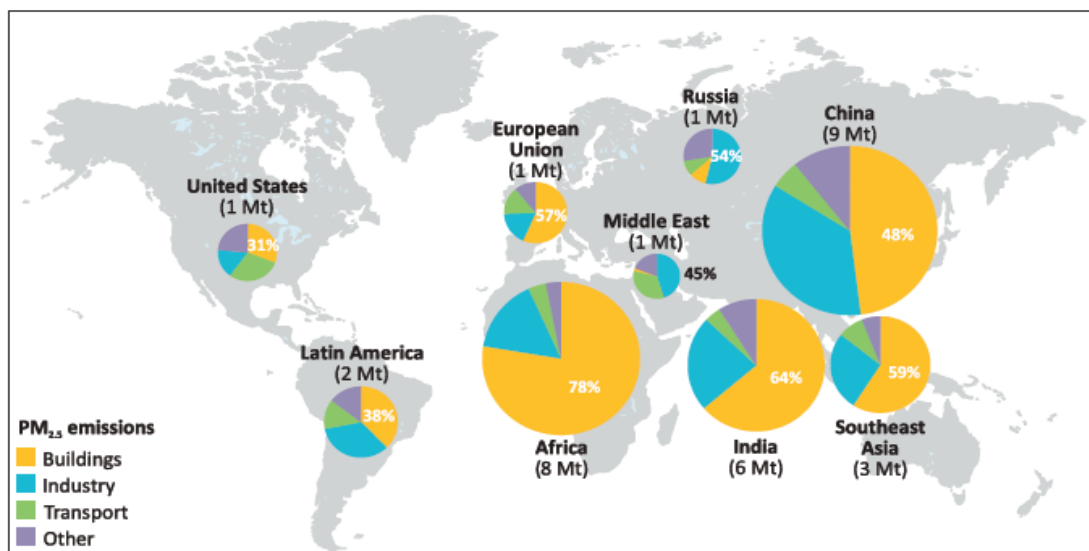
As PM estão ligadas a grandes impactos na saúde. O seu tamanho é um fator importante na determinação desses impactos: PM₁₀ são partículas consideradas inaláveis e têm um diâmetro aerodinâmico inferior a 10 micrómetros (µm) de diâmetro e PM_{2.5} são menores do que 2,5 µm (IEA, 2016). O seu tamanho está relacionado com a fonte de emissão e as concentrações médias diárias podem ser influenciadas por fenómenos naturais, tais como o transporte de ar de longa distância.

Origem

As principais fontes de partículas incluem: a presença de grandes regiões áridas e semiáridas, a perda de humidade, a urbanização excessiva, a combustão de combustível fóssil em indústrias, centrais de energia, fornos e caldeiras industriais, veículos a motor, queima de resíduos agrícolas, atividades de construção e poeira das estradas (WHO, 2013). As regiões de origem

da poeira que mais contribuem para o transporte intercontinental são o deserto do Saara e deserto do Gobi, que não são perturbados pela ação humana, uma vez que não são habitados (Fallis, 2013).

Por ter origem em processos de combustão, certas regiões muito povoadas têm elevadas concentrações de PM_{2.5} (Brauer *et al.*, 2012). Fontes mais significativas provêm de emissões de queima de combustível fóssil pelos veículos e de poeira das estradas, emitidas ao nível do solo (EEA, 2014a), dependendo da região, grau de industrialização e desenvolvimento económico. Na Figura 2 é possível ver a distribuição de PM_{2.5}, onde as principais regiões de emissão de poeiras minerais estão associadas à construção, indústria e transporte.



This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries, and to the name of any territory, city or area.

Source: IEA analysis based on IIASA data.

Figura 2- Emissões de PM_{2.5} por região e sector, em 2015.

As tempestades de poeira são altamente episódicas e por isso causam altas concentrações de poeiras em grandes áreas. Um aspeto fundamental do transporte intercontinental de poeira é a distribuição vertical da camada de poeira emitida, influenciando tanto a velocidade do transporte como a taxa de remoção de poeira (Fallis, 2013).

Efeitos na Saúde humana

As partículas em suspensão representam um grande perigo para a saúde humana, pois podem facilmente ser inaladas e entrar na corrente sanguínea (WHO, 2006). Por essa razão é a principal causa ambiental de doenças e mortes prematuras, podendo causar ou agravar doenças cardiovasculares e pulmonares, ataques cardíacos e arritmias, causar cancro, aterosclerose, efeitos adversos no nascimento e doenças respiratórias na infância. De referir, que não existe nenhuma evidência de um nível seguro de exposição ou de um limiar abaixo do qual não ocorram efeitos adversos para a saúde (WHO, 2013).

Principalmente pelos seus efeitos na saúde humana, as PM_{2.5} estão também incluídas nos tetos nacionais de emissão definidos através do Protocolo de Gotemburgo desde 2012. Os impactes adversos à saúde por PM₁₀ são menos graves; no entanto, ainda hoje muitas cidades não têm o equipamento adequado para monitorizar as concentrações de PM_{2.5} (IEA, 2016).

Efeitos no ambiente

As PM causam variados impactes no ambiente incluindo a diminuição de visibilidade, impactes climáticos diretos (partículas absorvem radiação) ou indiretos (partículas servindo como núcleos de condensação de nuvens) (Zhu *et al.*, 2012). Afetam ainda os animais da mesma forma que

afetam os seres humanos, o crescimento das plantas e os processos nos ecossistemas (EEA, 2014a).

Embora os modelos simulem o padrão espacial das emissões observadas, a sua avaliação quantitativa é um problema, pois apesar de ser evidente que as mudanças climáticas (como a seca) aumentam as emissões de poeira, o relacionamento não está suficientemente bem suportado pelas observações (Fallis, 2013).

2.1.2. Ozono

O ozono (O_3) é um poluente secundário resultado de reações fotoquímicas na atmosfera de poluentes primários, como óxidos de azoto e COVs (compostos orgânicos voláteis) (HTAP, 2010). O ozono troposférico representa cerca de 10% do ozono total atmosférico. Na alta atmosfera (estratosfera) o O_3 age como um escudo, protegendo a Terra de radiação ultravioleta prejudicial, mas na baixa atmosfera (troposfera) é um poluente do ar nocivo que afeta negativamente a saúde humana e os ecossistemas (UNEP, 2014). A sua concentração e variabilidade espacial é menos pronunciada do que $PM_{2.5}$, como se pode verificar na Figura 3, e os níveis mais altos são evidentes no Norte e América Latina, Europa e Sul e Leste da Ásia, bem como partes de África.

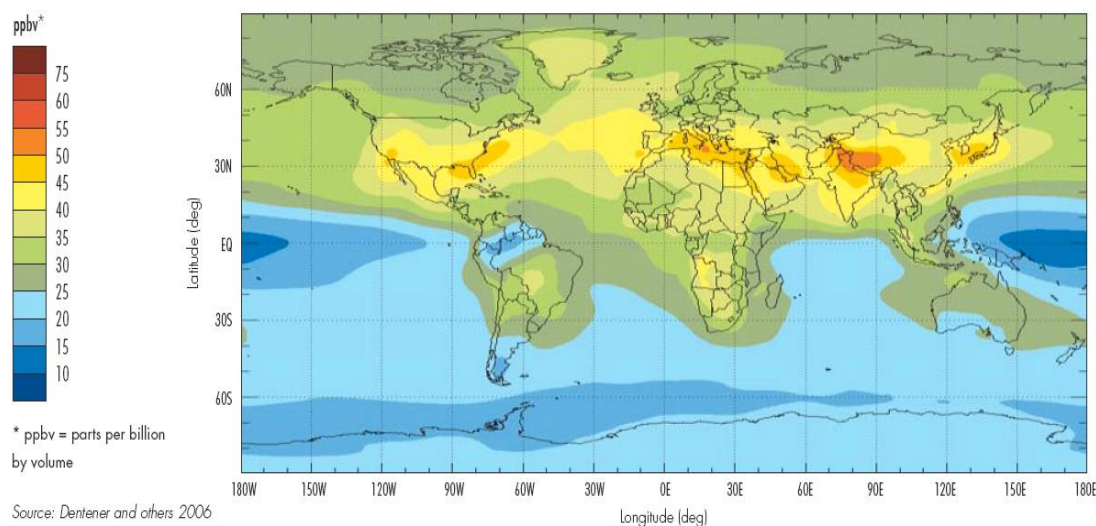


Figura 3 -Cálculo anual das concentrações de ozono troposférico em 2000, obtido através de uma série de modelos.

Origem

Estes precursores são emitidos tanto por atividades humanas (combustão fóssil, processos industriais, práticas agrícolas, queima de biomassa), como por processos naturais (vegetação, incêndios, raios e atividade microbiana nos solos). O O_3 produzido na camada limite a partir de precursores emitidos pela superfície podem ser diretamente transportados para outro continente (Holloway, 2003).

Efeitos na saúde

O ozono junto à superfície na troposfera é perigoso para a saúde humana e ecossistemas devido à sua capacidade para oxidar os tecidos biológicos (Zhu *et al.*, 2012), tendo como impacte na saúde mais comum as doenças respiratórias, como a asma. Um estudo baseado nas experiências do multimodelo *Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutants* (HTAP)

estima que o transporte intercontinental de O_3 contribui entre 20 - 50% para a mortalidade prematura de adultos (Brauer, 2012).

O ozono troposférico é um componente importante do *smog* fotoquímico urbano e um oxidante altamente reativo que, quando inalado, pode piorar a bronquite, enfisema, asma, e danificar permanentemente o tecido pulmonar. A exposição ao ozono troposférico é responsável por um número estimado de 150 000 mortes prematuras a cada ano (Lim *et al.*, 2012).

Efeitos no ambiente

O transporte intercontinental e poluição hemisférica do ozono põe em risco ecossistemas agrícolas e naturais em todo o mundo e tem um forte efeito sobre o clima em escalas regionais e globais (National Science and Technology Council, 2001). O ozono troposférico é o principal poluente do ar responsável pela perda de rendimento agrícola, afetando plantas, suprimindo a sua capacidade para a fotossíntese, reduzindo a capacidade de plantas absorverem CO_2 , alterando o seu crescimento e variedade, danificando as estruturas e funções do ecossistema, assim como a saúde e produtividade das culturas, ameaçando a segurança alimentar (UNEP, 2014).

O ozono também pode diminuir o valor nutritivo das plantas, podendo resultar numa produção de carne e leite de qualidade inferior, prejudicando algumas das populações mais vulneráveis do mundo (UNEP, 2014).

2.1.3. Óxidos de Azoto

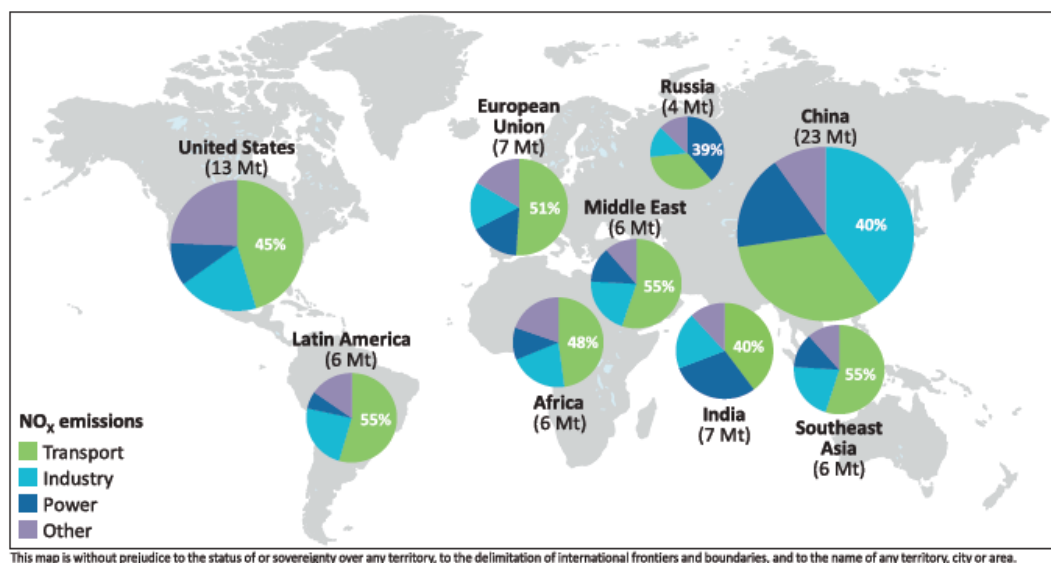
O dióxido de azoto (NO_2) é um gás reativo formado durante processos de combustão, principalmente devido a oxidação do azoto atmosférico (NO) e, em menor grau, da oxidação do azoto orgânico em combustíveis (EEA, 2014a).

O NO e o NO_2 são formados principalmente por processos de combustão de alta temperatura, sendo o NO_2 um gás tóxico que pode levar à formação de partículas e ozono (IEA, 2016).

Origem

As emissões antrópicas resultam principalmente da combustão de combustíveis fósseis a alta temperatura, tendo como principais emissores as grandes instalações de geração de energia, instalações industriais e transportes rodoviários, especialmente de veículos a gasóleo (EANET, 2015).

Na Figura 4 é possível verificar que as emissões globais de NO_x das atividades industriais, combustão de combustíveis fósseis e de biocombustível no hemisfério norte contêm a grande maioria das emissões de NO_x , o que estará relacionado com o facto de terem 88% da população mundial (OECD, 2014).



Source: IEA analysis based on IIASA data.

Figura 4 - Emissões de NO_x por região e setor, em 2015.

As plumas de óxidos de azoto emitidos podem influenciar a química da atmosfera a milhares de quilômetros de distância da fonte de origem. Devido a atividades antrópicas, as emissões de óxidos de azoto têm sofrido aumentos, sendo a sua disponibilidade na atmosfera muito maior para a formação de ozônio fotoquímico em regiões rurais e remotas e em particular na troposfera superior, onde o impacto do ozônio sobre o forçamento radioativo é maior e contribui para a deposição ácida (Wening *et al.*, 2003).

Efeitos na saúde

O NO₂ tem alguns efeitos diretos, particularmente a nível respiratório, estando a exposição a este poluente associada a um aumento da mortalidade respiratória e cardiovascular (WHO, 2013; EEA, 2014a). Pode ainda afetar o fígado, pulmão, baço e sangue e as doenças pulmonares podem também agravar-se (EEA, 2014).

Efeitos no ambiente

Para além de atuar como precursor de ozônio e partículas, a deposição atmosférica de NO_x acentua a deposição ácida (aumento da mobilização de metais tóxicos aumentando o risco de absorção pela cadeia alimentar) e eutrofização (deposição de compostos azotados favorecem uma disponibilização excessiva de nutrientes que pode alterar a diversidade das espécies e/ou levar à invasão de outras novas nesse habitat) (EEA, 2014).

2.1.4. Óxidos de Enxofre

O dióxido de enxofre (SO₂) é formado por oxidação de enxofre, principalmente através da combustão de combustíveis fósseis (carvão e petróleo) que contêm enxofre em diferentes graus e que, se não for removido previamente, é libertado durante a combustão para a atmosfera (IEA, 2016).

Os óxidos de enxofre (SO_x) ocorrem no ar ambiente na forma de SO₂ e SO₃, cujas emissões estão associadas a efeitos adversos para a saúde e ambiente, e os seus precursores formam de partículas secundárias (IEA, 2016).

Origem

A maior fonte de emissões de SO₂ antropogênicas provêm diretamente como subproduto da queima de combustíveis fósseis. Por essa razão as petrolíferas têm investido na purificação do gasóleo a fim de diminuir as impurezas (USP, 2006).

O sector de geração de eletricidade é também um setor importante como fonte de SO₂, principalmente na Índia, Médio Oriente e Estados Unidos da América, como é possível verificar na Figura 5.

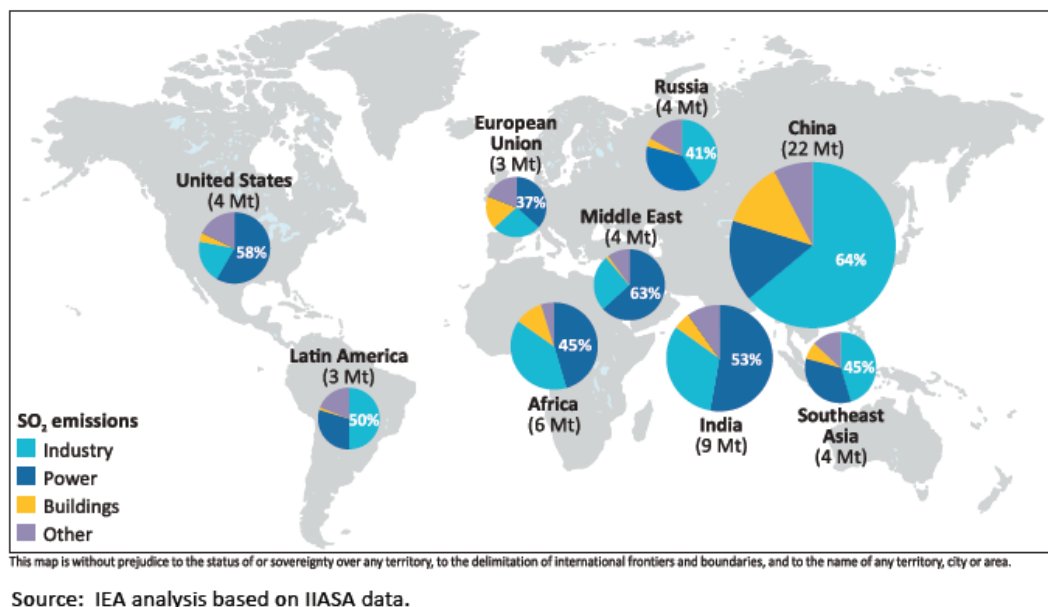


Figura 5 - Emissões de SO₂ por região e setor, em 2015.

Em 1970, a maioria das emissões eram provenientes da Europa, EUA e Canadá, mas as emissões nessas regiões começaram a diminuir drasticamente a partir de 1990 devido a estratégias de controlo de emissões. Em oposição, as emissões de outras regiões aumentaram, especialmente na China após o início de 2000 (EANET, 2015).

Para as emissões de SO₂ globais, o transporte internacional é também uma fonte importante, nomeadamente as emissões da navegação internacional; daí a importância de acordos realizados sobre poluição por navios, que limitam o enxofre nos combustíveis de transporte (EANET, 2015).

Efeitos na saúde

Os efeitos nocivos para a saúde incluem irritação para as mucosas dos olhos e vias respiratórias em concentrações elevadas, aumento da produção de muco, tosse e falta de ar, agravamento da asma, redução da função pulmonar e inflamações do trato respiratório, dor de cabeça, mal-estar geral e ansiedade (EEA, 2014). Pode ainda provocar efeitos agudos e crónicos sobretudo ao nível do aparelho respiratório.

Efeitos no ambiente

O SO₂ ao reagir novamente com o oxigénio do ar dá origem a SO₃ (trióxido de enxofre) que na presença de humidade dá origem ao ácido sulfúrico (H₂SO₄). Este ácido contribui para a formação das chuvas ácidas, com consequente acidificação das águas, solos, lesões nas plantas e materiais. (EEA, 2014).

Nas plantas provoca alterações nos seus processos metabólicos tais como redução da taxa de crescimento e da atividade fotossintética, aparecimento de necroses e o aumento da sensibilidade ao gelo e a parasitas. Nos materiais provoca corrosão das edificações e degradação das edificações (EEA, 2014).

2.1.5. Monóxido de carbono

O monóxido de carbono (CO) é um gás levemente inflamável, incolor, inodoro e muito perigoso para a saúde humana devido à sua toxicidade. É produzido pela combustão incompleta em condições de pouco oxigénio e/ou alta temperatura de carvão ou outros materiais ricos em carbono, como combustíveis fósseis (IEA, 2016).

Origem

Uma das principais fontes de emissão de CO antropogénico é a combustão incompleta de combustíveis fósseis e biocombustíveis no setor residencial, pequenas caldeiras industriais e veículos rodoviários (EANET, 2015). Nos países em desenvolvimento a maioria das emissões são provenientes de fontes estacionárias, enquanto em países desenvolvidos, a contribuição do sector do transporte rodoviário é muito maior (EANET, 2014). As principais fontes naturais deste poluente são as erupções vulcânicas, os fogos florestais e a decomposição da clorofila (CCDR, 2014). O CO de origem secundária presente na atmosfera resulta, sobretudo, da oxidação de poluentes orgânicos, tais como o metano.

Como resultado, as emissões de CO a nível mundial aumentaram gradualmente de 1970 a 1990 e começou a diminuir a partir de meados da década de 1990. Em seguida, as emissões globais de CO aumentaram a partir de 2000, refletindo principalmente as contribuições de países como a China, com desenvolvimento industrial (EANET, 2014). As emissões provenientes de grandes centrais elétricas são insignificantes devido à sua maior eficiência de combustão (EANET, 2015).

Efeitos na Saúde

Todas as pessoas e animais estão em risco de envenenamento por monóxido de carbono. Os sintomas mais comuns são dores de cabeça e no peito, tonturas, confusão, fraqueza, náuseas e vômitos, que podem facilmente ser confundidos com outras enfermidades (por exemplo constipação ou intoxicação alimentar), e em casos mais graves pode ocorrer perda da consciência e morte. Pode haver também, a longo prazo, sequelas cardíacas e neuronais posteriores a uma intoxicação. (CCDR, 2014).

Efeitos no Ambiente

Resultado de combustão incompleta de combustível de veículos e indústrias, o CO intervém nos mecanismos de formação do ozono troposférico. Na atmosfera, transforma-se em dióxido de carbono, contribuindo assim para o efeito de estufa (CCDR, 2014).

2.1.6. Outros Poluentes

Existem também outros poluentes, emitidos igualmente pela indústria, geração de energia e transportes, cuja relevância é menor nos grandes centros urbanos; contudo, as suas contribuições para alterações climáticas, saúde humana ou ecossistemas é de salientar, como é possível verificar na Tabela 1.

Tabela 1 - Setores de contribuição para os poluentes - CO₂, Pb, CH₄, Hg, HFC, POPs, NH₃ - e seus efeitos na saúde, ecossistemas e alterações climáticas.

Poluente	Sectores de contribuição	Efeitos
Dióxido de carbono (CO₂)	Gás libertado principalmente na queima dos combustíveis fósseis (gasolina, diesel, querosene, carvão mineral e vegetal) (IEA, 2012).	Grande quantidade de CO ₂ na atmosfera é prejudicial ao planeta, pois amplia o efeito estufa e, por consequência, o aquecimento global (IEA, 2012).
Chumbo (Pb)	Importantes fontes de contaminação ambiental incluem emissões dos automóveis, fertilizantes e pesticidas, mineração, fundição, atividades de fabricação e reciclagem, e, em alguns países, o uso contínuo de tinta com chumbo e gasolina com chumbo (Shvainshtein e Pavel, 2012).	Cumulativo nos organismos, na saúde humana os altos níveis de exposição atacam o cérebro e sistema nervoso central podendo causar coma, convulsões e até a morte. A exposição ao chumbo também provoca anemia, hipertensão, insuficiência renal e toxicidade para os órgãos reprodutivos (Greene, 2016).
Metano (CH₄)	Aproximadamente 60% de metano é emitido das atividades humanas-agricultura (criação de gado e produção de arroz), produção de combustíveis fósseis e distribuição, resíduos urbanos e gestão de águas residuais (UNEP/WHO, 2011).	Influencia diretamente o sistema climático, mas também tem impactes indiretos sobre a saúde humana e ecossistemas, incluindo produção agrícola, através do seu papel como o principal precursor de ozono troposférico (WHO/UNEP, 2011; IEA, 2012).
Mercúrio (Hg)	É emitido para a atmosfera a partir de fontes antropogénicas (produção de cloro e álcalis, a combustão do carvão, fundição de metais, incineração de resíduos, a extração de ouro e várias outras fontes industriais e comerciais de fontes) e naturais (vulcões, fontes geotérmicas, solo enriquecido) e processos de reemissão de mercúrio historicamente depositado (vegetação, solo, superfície de água).	Uma vez na atmosfera, o mercúrio pode ser transportado numa escala, local, regional ou global, dependendo da forma de mercúrio e condições meteorológicas (National Science and Technology Council, 2001). Aumenta o risco de saúde (atraso mental, paralisia cerebral, surdez, cegueira e disartria naqueles expostos no útero). Por ser acumulável na cadeia alimentar aquática, levanta a preocupação do transporte atmosférico local e a longa distância (National Science and Technology Council, 2001).
Hidrofluorocarbonetos (HFC)	Usado principalmente em ar condicionado, refrigeração, extinção de fogos, solventes e aerossóis (Guus <i>et al.</i> , 2009).	Poderoso GEE e forçador radioativo (Guus <i>et al.</i> , 2009).

Tabela 1 - Setores de contribuição para os poluentes - CO₂, Pb, CH₄, Hg, HFC, POPs, NH₃ - e seus efeitos na saúde, ecossistemas e alterações climáticas (continuação).

Poluente	Sectores de contribuição	Efeitos
Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)	Usados durante a produção industrial após a Segunda Guerra Mundial, no controle de pragas e doenças, produção vegetal, agricultura, indústria, tais como o PCB, DDT e dioxinas. Transporte atmosférico de longo alcance. Contribuições relativas para cinco sectores de fontes (energia / indústria, residencial / comercial, transporte, agricultura e desmatamento / fogos florestais).	Persistem por longos tempos no ambiente e podem acumular-se nas cadeias alimentares (National Science and Technology Council, 2001) Humanos e outros animais podem ser expostos a maiores concentrações de POPs que as observadas no ar, água ou para o solo. Podem ser transportados pelo vento e água, sendo gerado num país e afetando a fauna e flora de zonas remotas.
Amónia (NH₃)	A grande maioria das emissões de NH ₃ são provenientes do sector da agricultura, em conexão com atividades como o armazenamento de estrume e o uso de fertilizantes sintéticos. (EEA, 2014). Outras fontes, tais como fertilizantes de plantas, veículos rodoviários equipados com um catalisador de três vias, e desnitrificação em combustão tornaram-se importantes na última década. Estes são geralmente fontes de emissão em países desenvolvidos (IEA, 2012).	Efeitos na saúde: irritação pele, olhos, garganta, pulmões, causar tosse (EEA, 2014). Efeitos ambiente: eutrofização e acidificação (EEA, 2014). Uma vez na atmosfera reage com os óxidos de azoto e enxofre para formar partículas secundárias (IEA, 2016).

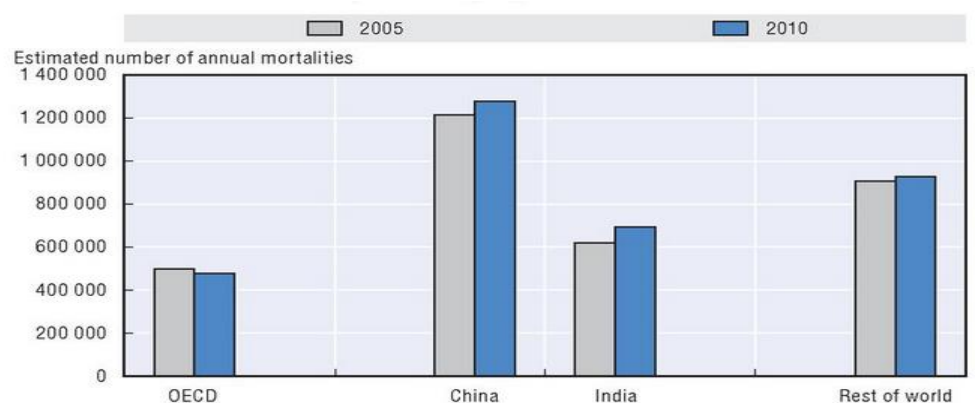
2.2. Principais processos associados à poluição atmosférica e suas consequências

2.2.1. Saúde Humana

A poluição do ar afeta a saúde humana diretamente (inalação) e indiretamente (por exemplo, através da água e alimentos contaminados). Tudo depende da duração e intensidade de exposição, havendo sempre grupos mais afetados, como as crianças, idosos e quem tem doenças respiratórias (OECD, 2014).

O quarto maior fator de risco para a saúde humana em todo o mundo é a poluição do ar, sendo as partículas e o ozono troposférico os mais prejudiciais para a saúde (IEA, 2016). Segundo o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) (OECD, 2012), a poluição atmosférica será a principal causa de morte até 2050, com cerca de 3,6 milhões de mortes anuais apenas atribuídas às partículas, com maioria dos casos a ocorrer na Índia e China (OECD, 2012).

Em algumas regiões, os seus impactes podem ser mais significativos, como é possível ver na Figura 6, onde, com exceção da zona da OCDE, o número de mortes associados a poluição atmosférica aumentou consideravelmente.



Source: Data extracted from Institute for Health Metrics and Evaluation (2013), *The Global Burden of Disease (GBD)*. Visualizations: GBD compare. Institute for Health Metrics and Evaluation, Seattle. <http://viz.healthmetricsandevaluation.org/gbd-compare/>.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933012826>

Figura 6- Número total de mortes causadas por partículas e ozono, por região, entre 2005 e 2010.

É geralmente reconhecido que as concentrações de poluentes atmosféricos são mais elevadas em grandes áreas urbanas do que em cidades menores. No entanto, os dados não são comparáveis devido a diferenças nos métodos e instrumentos de medição, sendo a informação escassa e dependente de vários fatores (Zhu *et al.*, 2012). Uma vez que a concentração de poluentes aumenta com a população, a resposta aos efeitos sobre a saúde tem de considerar o aumento da população e o aumento da poluição na mesma proporção. Quanto à escolha de indicadores de poluição do ar, não há abordagens padronizadas para caracterizar poluentes específicos e suas misturas - sabe-se que existem muitas doenças relacionadas com a exposição a PM_{2.5}, PM₁₀ e O₃. É importante saber que poluentes, consoante o local e outros fatores, combinados com transformações associadas às condições meteorológicas, topográficas, e geográficas criam condições ótimas para o surgimento de maiores riscos para a saúde humana (Brawer *et al.*, 2012).

Em 2005, a Organização Mundial de Saúde, (WHO em inglês), publicou o *Air Quality Guidelines* para os poluentes mais comuns – PM, O₃, NO₂, SO₂. A Tabela 2 mostra os padrões que informam as autoridades e comunidade científica dos níveis adequados para a gestão da qualidade do ar e níveis de exposição, sendo que muitos países têm os seus próprios valores indicativos (Mage *et al.*, 1996; Zhu, *et al.*, 2012).

Tabela 2 - Valores-guia de qualidade do ar para concentrações de PM, NO₂, SO₂ (WHO, 2006).

	PM _{2.5}	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂
Annual mean	10 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³	-
24-hour mean	25 µg/m ³	50 µg/m ³	-	20 µg/m ³
1-hour mean	-	-	200 µg/m ³	-
10-minute mean	-	-	-	500 µg/m ³

Notes: Air quality measurements are typically reported in terms of daily or annual mean concentrations of particles per cubic metre of air volume, µg/m³ = micrograms per cubic metre. The guideline values relate to defined time-periods, i.e. a SO₂ concentration of 500 µg/m³ should not be exceeded over an average period of 10-minute duration.

Source: WHO, 2006.]

Apesar dos limites recomendados para a saúde humana, é sempre complicado saber se há implicações a longo prazo, pois não há um nível seguro conhecido de exposição para alguns poluentes, como é o caso das partículas e do ozono troposférico. As diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde oferecem sobretudo orientações sobre os limites para os principais poluentes atmosféricos que apresentam riscos para a saúde.

No entanto é de salientar que os Estados Unidos da América e a União Europeia, por exemplo, têm os seus próprios standards de concentração dos vários poluentes, adaptados à realidade dos países em vigor e com valores-guia geralmente superiores aos sugeridos pela WHO.

2.3.2. Ecossistemas

Formação de ozono troposférico

Como já foi referido, o ozono resulta de reações fotoquímicas na atmosfera de poluentes primários, como óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis. O ozono de origem antropogénica torna-se um problema à superfície onde haja a emissão de precursores através de automóveis ou determinadas indústrias (UCAR, 2013).

Enquanto o ozono estratosférico nos protege da radiação ultravioleta, na troposfera prejudica ou destrói o tecido vivo. Elevadas concentrações de ozono, suficientes para entrar nas folhas de uma planta sensível, podem (EPA, 2016):

- Reduzir a fotossíntese - processo que as plantas usam para converter a luz solar em energia;
- Retardar o crescimento da planta;
- Aumentar o risco de 'plantas sensíveis' (danos provocados por insetos, efeitos de outros poluentes, danos causados pelo mau tempo);
- Perda da diversidade de espécies (menos variedade de plantas, animais, insetos e peixes);
- Mudanças na qualidade do habitat;
- Alterações em ciclos de água e nutrientes.

Deposição ácida

O dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de azoto (NO_x) são os principais compostos químicos que através de reações causadoras da acidificação, incluindo as chuvas ácidas no caso da intervenção da água e da deposição dos compostos em forma iónica. O transporte de longo curso dos poluentes origina a deposição noutras regiões e a acidificação torna-se um problema grave de transformação de produtos que afetam a conservação, tendo impactes nos ecossistemas aquáticos e marinhos (Mage *et al.*, 1996).

A deposição pode ser caracterizada como sendo (Mage *et al.*, 1996):

- Seca (poluentes e partículas precipitam sem se misturar com água);
- Húmida – ácido sulfúrico (H₂SO₄) ou ácido nítrico (HNO₃) - (poluentes misturam-se com água da chuva e ao cair ocorre precipitação ácida).

São vários os problemas associados à deposição ácida:

- Massas de água – água dos lagos e rios atingem pH com valores próximos de 5 comprometendo fauna e flora; baixo pH também faz circular metais pesados como o alumínio;
- Solo – erosão de blocos rochosos; altera composição química dos solos;

- Vegetação – enfraquece as árvores matando as suas folhas; desflorestação e crescimento lento de vegetação;
- Monumentos históricos e edifícios de mármore - corrosão de pedra, metal ou tinta.

A deposição ácida é um exemplo de poluição transfronteiriça e por essa razão já foi alvo de acordos e tratados internacionais cujo objetivo é o controlo das emissões que levam à acidificação da precipitação. Por não ser limitada por fronteiras nacionais, a cooperação a nível regional e internacional é necessária para enfrentar eficazmente este problema. Algumas regiões lidam com acidificação melhor que outras, isto é, a carga crítica suportada pela região é variável.

Eutrofização

A eutrofização é um dos problemas ambientais mais comuns e caracteriza-se pelo enriquecimento não natural da água com dois nutrientes: o fósforo e o azoto (UNEP, 2016). Os excessos de nutrientes azotados na água perturbam as condições das plantas, afetando os níveis e diversidade de espécies em ambientes sensíveis (DEFRA, 2013). Todas as atividades em torno da área de drenagem de um lago ou reservatório refletem-se direta ou indiretamente na qualidade desses corpos de água.

As fontes de nutrientes podem resultar de (UNEP, 2016):

- Deposição de azoto da atmosfera;
- Águas residuais;
- Águas de drenagem agrícola (uso extensivo de fertilizantes resulta em concentrações significativas de nutrientes, particularmente azoto);
- Erosão e chuva;
- Atividades no próprio lago, por exemplo, aquacultura (azoto e o fósforo presentes no excesso de alimentos é dissolvido ou suspenso na água);
- Libertação de sedimentos com concentrações relativamente elevadas de azoto e fósforo.

Os problemas associados são as mudanças na abundância de plantas e a redução significativa da diversidade de espécies (biodiversidade) de organismos aquáticos dentro de um lago ou reservatório (UNEP, 2016).

2.3.3. Alterações Climáticas

Determinados poluentes do ar são, para além de regulamentados para a qualidade do ar, também reconhecidos como assumindo um papel relevante nas alterações climáticas. O aumento da temperatura leva a um aumento da frequência das ondas de calor, que estão fortemente associados a episódios de poluição. Em zonas urbanas, as estruturas existentes alteraram a superfície e o equilíbrio de energia e os fluxos de calor, ocorrendo a formação das ilhas de calor urbano (ICU), que são definidas como sendo a diferença de temperatura média espacial entre uma zona urbana e área rural ao seu redor (Zhu *et al.*, 2012).

O contrário também ocorre, isto é, não só as alterações climáticas influenciam (através dos fluxos de energia e calor) a dispersão e concentração dos poluentes, mas também os poluentes podem contribuir diretamente para as alterações climáticas, como é o caso do carbono negro – partículas que absorvem a radiação solar e não permitem que a radiação refletida pela superfície terrestre saia da atmosfera, contribuindo assim para o aquecimento global.

A mudança climática afetará os futuros padrões de transporte intercontinental através da alteração da circulação de grande escala e clima regional, e consequentemente, os processos

de transporte. Também poderá modificar a química da troposfera, influenciando as concentrações de poluentes que chegam, a favor do vento, aos continentes (OECD, 2014).

2.3. Componente Transfronteiriça/planetária

A poluição atmosférica transfronteiriça é um problema para os poluentes que não são facilmente destruídos ou reagem na atmosfera para formar poluentes secundários. Estes são poluentes que podem ser gerados num país e causar danos noutros, sendo por isso necessária cooperação e ação internacional para controlar a sua formação e efeitos.

A Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância (CLRTAP – *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*), da Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas (UNECE), de 1979, define poluição atmosférica transfronteiriça a longa distância como «poluição atmosférica cuja origem física está total ou parcialmente compreendida numa zona submetida à jurisdição nacional de um Estado e que exerce os seus efeitos nocivos numa zona submetida à jurisdição de outro Estado, mas a uma distância tal que não é geralmente possível distinguir as contribuições de fontes emissoras individuais ou de grupos de fontes».

Os poluentes atmosféricos transfronteiriços podem sobreviver por dias e ser transportados milhares de quilómetros antes de afetar o ar, solos, rios, lagos e/ou agricultura, trazendo uma série de problemas diferentes, como por exemplo a formação de partículas, ozono ao nível do solo e formação de chuva ácida.

O começo de formulação de políticas sobre poluição atmosférica de longa distância iniciou-se após se ter verificado uma associação direta entre as emissões de enxofre na Europa Continental e a acidificação dos lagos da Escandinávia, o que levou ao desenvolvimento da Convenção anteriormente referida. É importante referir que nesta altura ainda existiam algumas dúvidas relativamente aos danos causados nos lagos escandinavos e o transporte transfronteiriço de poluentes. Após trabalhos científicos cuidadosos e essas evidências tornaram-se irrefutáveis e foi nesta altura que o papel dos estudos científicos se tornou o suporte ao desenvolvimento de políticas ambientais (Antunes *et al.* 2002).

A poluição atmosférica transfronteiriça tem consequências negativas sobre a saúde humana e ambiente (como a perda de árvores e florestas e a acidificação das massas aquáticas), e por essa razão a tomada de consciência acerca das mudanças climáticas e qualidade do ar tem crescido e as redes de monitorização têm sido melhoradas. Contudo, a distribuição geográfica das redes de monitorização da poluição atmosférica é desigual. A falta de dados confiáveis sobre as emissões fora da Europa e da América do Norte dificulta consideravelmente a medição da poluição transfronteiriça da atmosfera (Brauer *et al.* 2012).

Em termos de transporte pelas plumas a partir da fonte para o local recetor, os eventos de transporte de poluição mais estudados estão relacionados com a exportação a partir da costa oeste da América do Norte ou Ásia, com subsequente transporte para a costa oeste da Europa e América do Norte, respetivamente (OECD, 2014). Os fluxos de vento sobre a área da superfície da terra são fenómenos de escalas de tempo variáveis e os poluentes transfronteiriços são influenciados por movimentos atmosféricos, controlados por padrões globais de circulação em grande escala (EANET, 2015). Os vários processos meteorológicos interagem em grandes e pequenas escalas para determinar as concentrações locais com os poluentes a ser absorvidos pela chuva, neve ou nevoeiro e depositados à superfície da terra por deposição húmida (precipitação), e deposição seca (deposição do poluente ou absorção terrestre pelo solo, água ou vegetação) (EANET, 2015). O impacto que a poluição atmosférica transfronteiriça terá no recetor irá aumentar a contribuição local e não substituí-la (OECD, 2014). Na Figura 7 é possível ver que o transporte Intercontinental de poluentes pode influenciar a poluição local dos recetores, com poluentes a serem detetados a quilómetros de distancia da fonte.

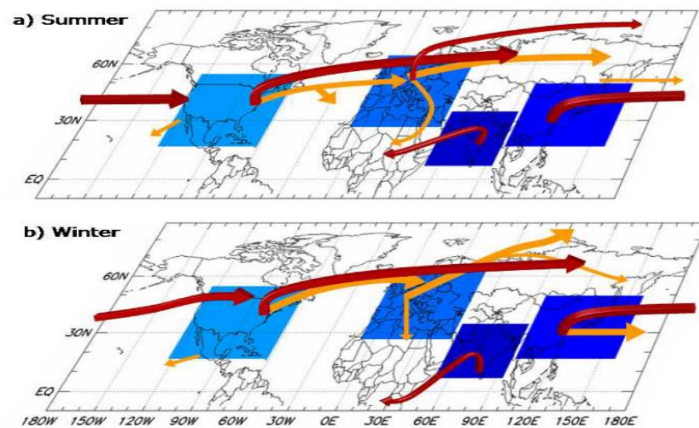


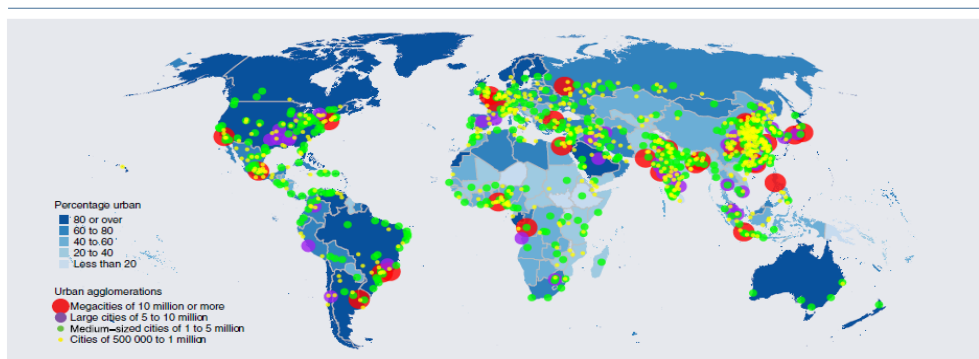
Figura 7- Transporte intercontinental no hemisfério norte no verão (a) e no inverno (b). (As setas coloridas indicam a fonte e o recetor das emissões – setas amarelas dizem respeito a transporte de plumas quem dura menos de 3 km acima da superfície, e as setas vermelhas dizem respeito a transporte de plumas quem dura mais de 3 km acima da superfície) (Fonte: EPA, 2015).

Questões globais de qualidade do ar só existem no que diz respeito a poluentes cuja vida atmosférica são suficientemente longos (na ordem de uma semana) para que possam ser transportados, pelo menos, para outro continente. A sua vida atmosférica significa que as suas concentrações podem ser reduzidas numa questão de semanas a anos após as emissões, com um notável efeito sobre a temperatura global após décadas (UNEP, 2014).

2.4. As emissões associadas às Megacidades

As megacidades são áreas com intensa atividade humana, com forte consumo de energia, emissão de poluentes e impactes relevantes nos ecossistemas e clima. O crescimento da população, a migração para os centros urbanos, o desenvolvimento económico e industrial e o aumento do nível de vida nas megacidades traz desafios múltiplos, desde o fornecimento de comida, transporte e outros produtos e serviços que afetam a saúde e bem-estar da população urbana, a sociedade e o ambiente ecológico (Zhu *et al.*, 2012).

Em 2008, pela primeira vez na história, a maioria da população vivia em áreas urbanas, muitas em megacidades - cerca de 50.1% da população (Zhu *et al.*, 2012). A qualidade do ar nas megacidades é, portanto, de grande preocupação local, regional e global, e deve ser vista de uma forma integrada. Na Figura 8 é possível observar a percentagem de população urbana, sendo possível verificar que a maioria das megacidades se encontra no hemisfério norte.



Note: The designations employed and the presentation of material on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

Figura 8 - Percentagem urbana e locais de aglomeração urbanas, com mais de 500 000 habitantes, em 2014 (Fonte: UN 2014).

Todas as regiões tendem a urbanizar-se e África e Ásia incluem-se nesta tendência, prevendo-se que em 2050, a percentagem de população em grandes centros urbanos seja de 56% e 64%, respetivamente (UN, 2014). Durante muitas décadas, as grandes cidades eram no hemisfério norte, nos países mais desenvolvidos. Hoje, começam a concentrar no hemisfério sul.

Desde 1974 que a WHO e UNEP têm colaborado no *Programa de Monitorização de Qualidade do Ar Urbano*, num esforço coletivo de monitorização e avaliação global, de informação e dados científicos, estudando o presente e o passado dos problemas de poluição do ar e as estratégias adotadas. A maior dificuldade na monitorização da qualidade do ar urbana é a qualidade e compreensão dos dados, pois tal depende muito dos esforços dos países, da sua capacidade de monitorização, prioridades, recursos e objetivos económicos (WHO/UNEP, 1992).

2.5. Mecanismos de transporte hemisférico

Neste capítulo veremos uma série de projetos internacionais destinados a melhorar a compreensão da poluição do ar, mecanismos de transporte e seus impactos. A Figura 9 mostra a área de investigação de cada projeto.



Figura 9 - Localização das colaborações internacionais de atividades de pesquisa: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD.

Os diferentes modelos estão focados em diferentes zonas do globo e apresentam características/tipologias distintas, dependentes das emissões de poluentes dominantes nas áreas de estudo, como se pode avaliar através da Tabela 2. Além disso a ventilação através da parte superior da camada limite atmosférica, muitas vezes envolve processos de pequena escala não diretamente simulados em escala global, não se conhecendo bem o transporte entre trópicos e latitudes médias. O transporte em regiões tropicais e subtropicais têm recebido menos atenção do que em altitudes médias (OECD, 2014).

Regiões de países desenvolvidos tais como os EUA e a Europa continuam a ser importantes fontes de poluição e o impacto da exportação norte americana de ozono e seus precursores sobre a superfície da Europa tem sido extensivamente estudado, mostrando um impacto máximo durante o horário de verão (Dentener *et al.*, 2010). Da mesma forma, a poluição Europeia sobre o norte de África, mediterrâneo e Médio Oriente excede os níveis recomendados para a saúde humana (Dentener *et al.*, 2010). Quanto ao transporte de aerossóis da Europa e América do Norte para o Ártico, tal tem sido identificado como uma das principais causas da “névoa de ártico”.

Tabela 3 - Descrição das colaborações internacionais em atividades de investigação: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD. (Fontes: Zhu *et.al*, 2012; CityZen, 2012; Megapoli, 2016; NASA, 2013; NOAA, 2016).

Colaboração	Descrição
Megapoli <i>(Megacities: Emissions, urban, regional and Global Atmospheric Pollution and climate effects, and Integrated tools for assessment and mitigation)</i>	<p>Quem: O projeto reúne os principais grupos de investigação europeus, ferramentas científicas e atores-chave de países terceiros na investigação. Financiado pela União Europeia através do 7º Programa-Quadro.</p> <p>Onde: seguindo uma estratégia de Pirâmide - dividiram-se as cidades em três níveis: nível 1 (Paris, Londres, Po Valley, Rhine- Ruhr), nível 2 (Outras Megacidades) e nível 3 (megacidades com menos de 5 milhões de habitantes).</p> <p>Quando: 2008-2011</p> <p>O quê: O projeto preenche as escalas espaciais e temporais cujos principais objetivos foram: avaliar os impactos das megacidades, os grandes <i>hot-spots</i> de poluição e qualidade do ar local, regional e global; quantificar <i>feedbacks</i> entre qualidade do ar em megacidades, clima local, regional e global, e mudanças climáticas; desenvolver melhores ferramentas integradas para a previsão de poluição do ar nas megacidades.</p>
Cityzen MegaCITY Zoom for the Environment	<p>Quem: Projeto incluiu um total de 16 parceiros de 11 países na Europa, África e Ásia, e foi coordenado pelo Instituto Meteorológico Norueguês. Financiado pela comissão União Europeia do 7º Programa-Quadro.</p> <p>Onde: Po Valley, Atenas, Cairo, Instambul, Ruhr Region, BeNeLux Region, London, PRD- China</p> <p>Quando: 2008- 2011</p> <p>O quê: tal como o projeto MEGAPOLI, o CityZen visa colmatar as escalas espaciais e temporais que se conectam com as emissões locais, qualidade do ar, química da atmosfera global e clima. Os principais objetivos foram: Quantificar e compreender a distribuição da poluição do ar atual e o desenvolvimento das megacidades / regiões selecionadas; Estimar o impacto das mudanças de emissões com um foco sobre o efeito do crescimento rápido na população nas megacidades/<i>hotspots</i> e do crescimento da poluição de fundo; Estimar quanto as megacidades/<i>hotspots</i> influenciam as mudanças climáticas; Estimar quanto as megacidades estão a responder ao forçamento climático, e de como isso pode influenciar os padrões de transporte, oxidação química e emissões biogénicas; Opções de mitigação (por exemplo, a introdução de biocombustíveis); Desenvolver ferramentas para estimar interações entre diferentes escalas espaciais; Uso dos resultados e métodos científicos desenvolvidos e aplicados durante o curso do projeto para a sustentação técnica do trabalho político.</p>
ICARTT <i>(The International Consortium for Atmospheric Research on Transport and Transformation)</i>	<p>Quem: O estudo consistiu em onze experiências de campo individual altamente coordenadas com mais de 300 participantes do governo, das agências e universitários de cinco países- EUA, Canadá, Reino Unido, Alemanha e França. Coordenados pela NASA INTEX-NA, NOAA NEAQS-ITCT e ITOP EU.</p> <p>Onde: América do Norte, Atlântico e Europa</p> <p>Quando: Verão de 2004</p> <p>O quê: A investigação combinou vários estudos e programas que compõem o ICARTT, concentrando-se em três áreas principais: qualidade regional de ar, transporte intercontinental, e do balanço de radiação na atmosfera. O principal objetivo é facilitar a troca de dados e promover colaborações entre as equipas para atingir os objetivos da ciência ICARTT.</p>

Tabela 3 - Descrição das colaborações internacionais em atividades de investigação: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD. (Fontes: Zhu *et.al*, 2012; CityZen, 2012; Megapoli, 2016; NASA, 2013; NOAA, 2016) (continuação).

Colaboração	Descrição
CalNex2010 (California Nexus)	<p>Quem: investigadores deste projeto incluem pesquisadores de várias universidades, indústrias e agências governamentais- Georgia Tech e Universidade do Colorado CIRES.</p> <p>Onde: Califórnia e região costeira do Pacífico</p> <p>Quando: maio a julho 2010</p> <p>O quê: estudar problemas de qualidade do ar e as alterações climáticas para fornecer informação científica, Focando-se nos aerossóis e precursores do ozono. O foco do estudo inclui medições no ar utilizando as aeronaves e medições de superfície usando a plataforma móvel R / V Atlantis, bem como locais terrestres estacionários.</p>
MILAGRO (Megacity Initiative: Local And Global Research Observations)	<p>Quem: projeto trouxe uma equipa internacional de pesquisa de centenas de cientistas e estudantes, incluindo investigadores mexicanos e agências do governo mexicano, contou com a participação de 450 cientistas de 150 instituições de 30 países.</p> <p>Onde: Cidade do México e Veracruz</p> <p>Quando: março de 2006</p> <p>O quê: examinar o comportamento e exportação de emissões atmosféricas a partir de uma megacidade – Cidade do México – que foi escolhida como caso de estudo para caracterizar fontes, concentrações, transporte e processos de transformação dos gases e partículas finas emitidas para a atmosfera, avaliando assim os impactos regionais e globais dessas emissões. Os objetivos específicos da campanha MILAGRO são a quantificação da extensão espacial e temporal da pluma urbana, a análise química dos poluentes e transformação física na pluma, quantificar os impactos regionais da pluma e examinar a interação da pluma urbana com fontes vizinhas.</p>
SAEMC/ADAPTE South American Emissions Megacities and Climate (SAEMC) e Adaptation to health impacts of air pollution and climate extremes in Latin American cities (ADAPTE)	<p>Quem: com o apoio do Instituto Interamericano de Mudança Global.</p> <p>Onde: Mega-cidades da América do Sul (Buenos Aires, Bogotá, Cidade do México e Santiago.)</p> <p>Quando: 2004</p> <p>O quê: Equipas de trabalho foram desenvolvidas em torno de cinco eixos de investigação: 1) emissões; 2) previsão meteorológica química; 3) ferramentas de modelação, incluindo computação de alta performance; 4) aerossóis; 5) impactos na saúde. O projeto SAEMC / ADAPTE, pretende demonstrar que por menos do que 1 milhão de dólares é possível criar um inventário consistente para emissões de veículos com ferramentas desenvolvidas para obter dados de emissões desagregadas, com cenários de emissões futuras através de medições.</p>

Tabela 3 - Descrição das colaborações internacionais em atividades de investigação: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD. (Fontes: Zhu *et.al*, 2012; CityZen, 2012; Megapoli, 2016; NASA, 2013; NOAA, 2016) (continuação).

Colaboração	Descrição
CAREBEIJING <i>(Campaigns of Air Quality Research in Beijing and Surrounding Regions)</i>	<p>Quem: Financiado pelo Conselho da Ciência de Pequim e coordenado pela Universidade de Pequim, realizaram-se três campanhas com a participação de mais de 200 cientistas e estudantes de vários países.</p> <p>Onde: Pequim</p> <p>Quando: realizaram-se 3 campanhas (2006, 2007, 2008)</p> <p>O quê: projeto de pesquisa colaborativa internacional para estudar o transporte e transformação regional de processos de poluição do ar e os impactes na qualidade do ar de Pequim, formulando um controlo da poluição atmosférica estratégica para os Jogos Olímpicos de Pequim em 2008 e estratégias de longo prazo para a região. Os objetivos consistiam:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saber mais sobre as atuais condições ambientais da região, incluindo fatores sociais e económicos, qualidade do ar e fontes de emissão. • Identificar processos de transporte de transformação dos poluentes em torno da região e que condicionam a qualidade do ar em Pequim • Calcular o impacte das regiões vizinhas na qualidade do ar em Pequim • Formular sugestões de política de obtenção de qualidade do ar durante os jogos olímpicos de 2008 • Propor objetivos e estratégias de obtenção de qualidade do ar em 2010 • Criar um quadro de gestão da qualidade do ar na região e propor sugestões de políticas para controlo da qualidade do ar regionalmente. • Avaliar a eficácia das políticas de controlo da qualidade do ar • Avaliar os impactes sobre a saúde antes e durante os jogos olímpicos <p>Em relação às campanhas de 2006, 2007 e 2008, cada uma tinha um propósito diferente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAREBEIJING-2006 : entender o transporte e transformação do processo aéreo de poluição regional • CAREBEIJING-2007 : avaliar as políticas de controlo de qualidade do ar propostas para os jogos olímpicos de 2008 com base nas conclusões do CAREBEIJING-2006 • CAREBEIJING-2008 : avaliar a eficácia das políticas de controlo de qualidade do ar e os seus impactes sobre as conclusões principais de saúde
IMPACT <i>Integrated Measurement Programme for Aerosol and oxidant Chemistry in Tokyo</i>	<p>Quem: realizado no âmbito da <i>International Global de Atmospheric Chemistry Project</i> (IGAC), Megacidades: Ásia.</p> <p>Onde: Tóquio</p> <p>Quando: 2003 - 2004</p> <p>O quê: estudo de aerossóis e O₃ na Área Metropolitana de Tóquio a fim de avaliar os impactes da poluição antropogénica emitida a partir de megacidades e áreas circundantes</p> <p>Estudos sobre a caracterização de emissões primárias e secundárias de formação de aerossóis na área metropolitana de Tóquio, cujos objetivos foram: caracterizar mudanças temporais e espaciais dos aerossóis, oxidantes e precursores; caracterizar a composição, estado da mistura e propriedade físicas dos aerossóis no ar urbano; avaliar inventários de emissões (NO_x, SO₂, NH₃, COV) comparando com índices de concentrações observadas no ar urbano.</p>

Tabela 3 - Descrição das colaborações internacionais em atividades de investigação: CalNex 2010, Milagro, ICARTT, ADAPTE SAEMC, CityZen, Megapoli, CAREBeijing, IMPACT, PRIDE-PRD. (Fontes: Zhu *et.al*, 2012; CityZen, 2012; Megapoli, 2016; NASA, 2013; NOAA, 2016) (continuação).

Colaboração	Descrição
PRIDE-PRD <i>(The Programme of Regional Integrated Experiments on Air Quality over Pearl River Delta of China)</i>	<p>Quem: patrocinado pelo Ministério da Ciência e tecnologia da China (MOST)</p> <p>Onde: River Delta of China</p> <p>Quando: 2003-2008</p> <p>O quê: desenvolvido para investigar a profundidade do problema da poluição do ar e melhorar a compreensão dos processos químicos e radioativos. Composta por duas campanhas (PRIDE-PRD2004 e PRIDE-PRD2006) aprofundou a compreensão da poluição do ar regional e os seus efeitos ambientais em PRD. Os objetivos foram:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar a distribuição temporal e espacial das concentrações de aerossóis, oxidantes e seus precursores por monitorização por terra, transportando por via aérea e medições por satélite. • Entender a composição química, distribuição de tamanho, propriedades óticas dos aerossóis • Quantificar a contribuição de precursores para a formação de oxidantes e aerossóis secundários por meio de medições e modelação • Estudar interações entre aerossóis e gases através de medições de precursores de aerossóis e oxidantes, bem como por modelação • Determinar relação fonte-recetor entre cidades dentro do PRD, e a sua contribuição para a poluição do ar • Definir estratégias de mitigação regionais e opções técnicas para manter a carga de poluição do ar em PRD dentro de limites sustentáveis em termos de efeitos sobre a saúde humana e efeitos ecológicos.
INTEGRATED FOCUS ON WEST AFRICAN CITIES	<p>Quem: (POLCA) sob o IDAF (IGAC DÉBITOS África) quadro em conjunto com o <i>Laboratoire d'Aérolologie</i> (LA), bem como vários laboratórios africanos</p> <p>Onde: Focado em cidades da África Ocidental (Cotonou, Bamako, Dakar, Ouagadougou, Abidjan, Niamey)</p> <p>Quando: 2011 – 2015</p> <p>O quê: Os resultados preliminares têm destacado o problema da poluição urbana nas emissões, qualidade do ar, impactes na saúde dos gases e aerossóis. Caracterizar emissões de combustão; Determinar experimentalmente as concentrações dos gases NO₂, SO₂, NH₃, HNO₃, O₃, COV; Modelagem integrando ambiente e saúde.</p>

2.6. Outras fontes relevantes de poluição à escala mundial

Fogos Florestais

A dispersão de extensas plumas com poluentes atmosféricos associadas a incêndios florestais não tem fronteiras. Os incêndios que se alastram, queimando milhões de hectares e cuja neblina pode ser vista quilómetros de distância, muitas vezes até do espaço, têm na sua maioria origem na Sibéria, Indonésia ou Amazônia, nas maiores regiões florestais do mundo. Os incêndios florestais libertam enormes quantidades de PM, CO, CO₂, CH₄, NO_x, N₂O e NH₃, o que os torna uma ameaça às alterações climáticas e qualidade do ar (Tekeeva, 2016).

Tráfego aéreo

Relativamente aos poluentes atmosféricos provenientes de aviação, a *US Environmental Protection Agency* (EPA) realizou em agosto de 2015 um estudo a fim de descobrir como os gases de efeito de estufa emitidos em certas classes de motores em aeronaves contribuem para a poluição do ar e para as alterações climáticas (EPA, 2016). Em 2005 os motores de aviões eram responsáveis à escala mundial por cerca de 12% das emissões de CO₂ do setor dos transportes e o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) prevê que possa haver uma redução entre 6 a 7% dos GEE e de outros poluentes se forem incluídas as medidas como (EPA, 2016):

- Redução do impulso dos motores na decolagem e aterragem;
- Otimização de horários;
- Escolha de rotas eficientes;
- Redução do excesso de combustível transportado;
- Manutenção e limpeza regular dos motores.

Tráfego marítimo

Navios petroleiros, navios de cruzeiro e navios porta-contentores usam combustível com elevado teor de enxofre. A Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por navios (MARPOL) em 1973, cujo anexo VI (1997) corresponde aos regulamentos para prevenção de poluição atmosférica por navios (EPA., 2009).

Desastres Naturais

Os fenómenos naturais podem contribuir para a poluição do ar, como é o caso dos vulcões que ao entrar em erupção libertam enormes quantidades de gases para a atmosfera, como o SO₂, um causador de chuva ácida. A enorme erupção do vulcão *Eyjafjallajökull*, na Islândia em 2010 formou pluma que se espalhou-se por toda a Europa. As cinzas e os gases expelidos pelas erupções vulcânicas levam algum tempo para se dissiparem, dependendo das condições climáticas, contudo estes fenómenos representam uma percentagem muito pequena de emissões, tendo um impacto reduzido comparando com as emissões antropogénicas (Brena, 2009).

3. Metodologia

A qualidade do ar nos grandes centros urbanos é um fator de preocupação, principalmente em países em desenvolvimento, cujos dados de monitorização continuam a não ser suficientes e acessíveis.

Esta dissertação incide principalmente na avaliação das políticas e medidas que estão a ser tomadas nas grandes cidades à escala mundial e que benefícios se preveem para essas cidades e à escala planetária.

De acordo com a última base de dados sobre qualidade do ar urbano, 98% das cidades de países em desenvolvimento com mais de 100 000 habitantes não cumprem as diretrizes da WHO sobre qualidade do ar. No entanto, em países desenvolvidos, esta percentagem cai para 56% (WHO, 2016).

Os objetivos prendem-se em analisar as principais políticas e medidas tomadas pelas 20 cidades relativamente aos principais setores de emissão; perceber em que cidades essas medidas foram melhor sucedidas e compreender a contribuição dessas mesmas medidas nos dados das concentrações de PM_{2.5} e PM₁₀, entendendo se na realidade as políticas e medidas tomadas contribuíram para melhorar a qualidade do ar.

Acima de tudo, a principal questão levantada é saber se na prática as medidas tomadas estão a surtir efeitos reais na qualidade do ar e se as previsões futuras de novas medidas podem ser uma mais valia, tendo em conta os resultados atuais. A questão da poluição transfronteiriça, que é já um problema em várias regiões, torna-se também importante na medida em que a compreensão dos fenómenos locais facilite respostas globais à poluição do ar.

Dos poluentes com maior perigo para a saúde humana, as PM_{2.5} e PM₁₀ têm tido especial atenção pela WHO e a sua monitorização, desde 2011, oferece dados concretos para entender a que pressões ambientais a saúde pública está sujeita.

A pesquisa e análise das várias medidas aplicadas em vinte megacidades, cuja metodologia usada na sua escolha dependeu de três critérios:

CRITÉRIO 1 – Cidades com maiores índices de poluição de PM_{2.5}: **Peshawar** (Paquistão), **Zabol** (Irão), **Nova Deli** (India), **Agra** (India), **Bhopal** (India) e **Pequim** (China). Ver anexo II.

CRITÉRIO 2 – Cidades com maiores índices de poluição de PM₁₀: **Onitsha** (Nigéria), **Peshawar** (Paquistão), **Zabol** (Irão), **Mazar-e-Sharif** (Afeganistão), **Nova Deli** (India). Ver anexo I.

CRITÉRIO 3 – Megacidades: **Cairo** (Egipto), **Mumbai** (India), **Xangai** (China), **Rio de Janeiro** (Brasil), **Cidade do México** (México), **Jakarta** (Indonésia), **São Paulo** (Brasil), **Buenos Aires** (Argentina), **Londres** (Reino Unido), **Tóquio** (Japão), **Nova York** (EUA) e **Los Angeles** (EUA). Ver anexo III.

A escolha do critério 1 e 2 decorre da avaliação da qualidade do ar pela *Ambient Air Pollution Database* (WHO, 2016) relativamente aos poluentes PM_{2.5} e PM₁₀. A base de dados consiste

principalmente em medições da qualidade do ar de 3000 cidades de 103 países com a utilização dos dados mais recentes (de 2008 a 2013) e fontes confiáveis. Os dados recolhidos foram suficientes para entender quais as cidades e regiões mais afetadas pela poluição atmosférica, nomeadamente partículas, que, como foi referido no capítulo 2, são a principal causa de doenças respiratórias. As cidades selecionadas para o presente trabalho estão entre aquelas que na base de dados registam maiores concentrações de $PM_{2.5}$ e PM_{10} .

Quanto à escolha do critério 3, megacidades, decorre do facto das Nações Unidas em 2015 considerar existirem 22 megacidades espalhadas pelos vários continentes. O facto de serem megacidades, isto é, cidades com população superior a 10 milhões de pessoas conduzem a grandes problemas ambientais, sendo a qualidade do ar um deles. Das 22 megacidades, duas estão entre as 10 mais poluídas relativamente a $PM_{2.5}$ e PM_{10} (Nova Deli e Pequim). A escolha das outras megacidades foi feita com base na sua localização geográfica: América do Norte (Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque), América do Sul (Buenos Aires, São Paulo, Rio de Janeiro), Europa (Londres), África (Cairo), Ásia (Jakarta, Xangai, Mumbai, Tóquio).

As vinte cidades a ser abordadas durante o capítulo seguinte são:

1. Agra
2. Bhopal
3. Bombaim
4. Buenos Aires
5. Cairo
6. Cidade do México
7. Jakarta
8. Londres
9. Los Angeles
10. Mazar-e Sharif
11. Nova Deli
12. Nova Iorque
13. Onitsha
14. Pequim
15. Peshawar
16. Rio de Janeiro
17. São Paulo
18. Tóquio
19. Xangai
20. Zabol

A fim de se compreender as características e conhecer o historial de poluição de cada cidade, é feita uma caracterização relativamente a dados como a população, topografia, clima, poluição do ar local e fontes de emissão.

Assim sendo, este estudo pretende saber que medidas estas cidades estão a tomar a fim de poder resolver os problemas de poluição do ar em diferentes sectores – transporte, energia, indústria, agricultura, residencial, para além da implementação de outras estratégias.

4. Enquadramento

4.1. Caracterização das megacidades

Para se conhecer o historial de poluição de uma cidade, é importante compreender os fenómenos meteorológicos e topográficos que a caracterizam. A intensidade dos impactes nas megacidades, relativamente à poluição do ar, caracteriza-se, não só pela extensão das emissões, mas também pela geografia e meteorologia regionais. Estes fatores afetam o grau dos impactes, as inversões atmosféricas e o nível a que essas emissões são transportadas numa escala regional ou global. A maioria das cidades estudadas está localizada em zonas costeiras, como se pode ver na Figura 10, áreas essas em que há mistura de massas de ar marinhas e urbanas resultando numa química única. Por estas razões cada área urbana deveria ser alvo de um estudo aprofundado para melhor se perceber a realidade atmosférica e os impactes urbanos associados (Zhu *et al.*, 2012).



Figura 10- Localização das 20 cidades a serem caracterizadas no estudo.

4.1.1. Agra

Na Índia a poluição do ar é a quinta maior causa de mortalidade, tendo notavelmente aumentado a sua importância desde o ano 2000 (Habil *et al.*, 2016]. O aumento da urbanização e da industrialização também resultou num aumento da população e de tráfego de veículos, e consequentemente, os problemas de poluição foram agravados (Saxena, 2005).

A cidade de Agra, para além de ser um centro turístico, tem uma influência cultural, administrativa, económica e é um centro de manufatura desde há séculos. A maioria das indústrias em Agra é composta de fundições que utilizam principalmente carvão como combustível. Agra é também famosa pela '*Petha*' (um tipo de doce), havendo um grande número de unidades de produção que utilizam carvão e biomassa (Saxena, 2005).

As emissões dos veículos são uma das principais fontes de poluição do ar que afetam a população urbana em Agra. Ao contrário das emissões industriais, os poluentes dos veículos são lançados ao nível do solo e, portanto, o impacto sobre a população é maior (Saxena, 2005).

Uma investigação do governo Índiano revelou que o Taj Mahal, o mais conhecido monumento da nação, está novamente a enfrentar uma grande ameaça de poluição. O relatório, compilado pelo Instituto de Investigação Nacional de Ambiente da Índia, mostra que o túmulo do século XVII está a ser danificado pela poluição do ar e da água. A investigação descobriu que os níveis de poluição na cidade de Agra, onde o Taj Mahal está localizado, tinham aumentado significativamente nos últimos anos, como resultado do crescimento da indústria, do tráfego rodoviário e da população - o mármore branco do monumento está a ficar amarelo. Por essa razão os veículos são agora proibidos de estar a cerca de 500 metros do monumento. O relatório constatou ainda que as emissões de óxidos de azoto e partículas, por exemplo, tinham alcançado níveis mais elevados do que aqueles que haviam obrigado a uma intervenção do Supremo Tribunal para forçar as autoridades a agir há uma década atrás (Burke, 2010).

Dados:

População

1991 – 2,752 milhões
2001 – 3,621 milhões
2011 – 4,418 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Agra está localizada no norte da Índia central, a 200 km a sudeste de Nova Deli. Dois terços das suas fronteiras periféricas (SE, W e noroeste) estão cercados por Deserto de Thar do Rajastão e é, portanto, uma área semiárida (Saxena, 2005).
-169 m acima do nível do mar.

Clima

- Clima semiárido com temperatura variando entre os 11 e os 48 ° C (temperatura máxima) e 1 a 30 ° C (mínima).
- Agra observa três estações distintas: verão, monções e inverno. Os meses de verão são de março a junho, época das monções é de julho a outubro e o inverno inclui os meses de novembro a fevereiro.
- A incidência máxima de trovoadas e tempestades de poeira ocorre no período de março a junho (Saxena, 2005).

Poluição do ar local

- PM 2,5 → 112,28-140,24 µg/m³, de dezembro de 2013 a fevereiro 2014 (Habil *et al.*, 2016).

Fontes de emissão

- Atividades industriais (fundição de metais ferrosos e não ferrosos), processamento de borracha, oxidação cal e pulverização, obras de engenharia, produtos químicos e olarias.
- Refinarias e indústrias de vidro situados a uma distância de 40 km de Agra (Saxena, 2005).

4.1.2. Bhopal

A cidade tornou-se conhecida quando em 1984, um acidente de libertação de gás, considerado o pior desastre industrial do mundo, deu origem à conhecida tragédia de Bhopal (Índia). O

acidente correu na noite de dezembro 2-3 de 1984 na fábrica de pesticidas *Union Carbide Índia Limited* (UCIL) e mais de 500 mil pessoas foram expostas a isocianato de metilo (MIC) e outros produtos químicos (Broughton,(2005)). A substância tóxica causou sobretudo danos nos arredores da fábrica, em favelas, e as estimativas variam sobre o número de mortos. O número oficial de mortos foi 2 259, mas o governo de Madhya Pradesh confirmou um total de 3 787 mortes relacionadas com a libertação do gás. Em 2006, uma declaração do governo afirmou que a libertação causou 558 125 lesões, incluindo 38 478 lesões parciais temporárias, aproximadamente 3 900 ferimentos graves e permanentemente incapacitantes. Estima-se ainda que 8 000 pessoas morreram nas duas semanas seguintes, e outras 8 000 ou mais, desde então, morreram de doenças relacionadas com a emissão do gás (Eckerman, 2005).

A cidade de Bhopal é nitidamente dividida em duas partes: a parte do comércio e atividades comerciais e a área recém-desenvolvida com atividades principalmente administrativas, institucionais e residenciais. A rede de estradas na zona antiga da cidade, com alcance muito limitado de alargamento de estradas, sofre principalmente do volume muito elevado de tráfego e elevado grau do movimento de peões (Gupta,2010).

Segundo a *Comissão Nacional sobre Macroeconomia e Saúde* (NCMH), da WHO, estima-se que havia cerca de 2,5 milhões de casos de asma em 2001 que poderiam aumentar até cerca de 50% até 2016, sendo a alergia a poeira a mais comum e cujos efeitos colaterais permanecem mesmo depois recuperarem.

Dados:

População

1991 – 1,3 milhões
2001 – 1,8 milhões
2011 – 2,3 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Bhopal, capital da província de Madhya Pradesh, é conhecida como "a cidade dos lagos".
- Altitude média de 500 metros, está localizada na parte central da Índia, e está apenas a norte do limite superior das cadeias de montanhas Vindhya.
- Localizada no planalto Malwa, a cidade tem elevação desigual e tem pequenas colinas. As colinas de destaque em Bhopal são os montes e colinas Idgah Shyamala na região norte e as colinas Katara na região sul.

Clima

- Clima continental em que os verões são extremamente quentes e os invernos frios, e uma estação de monção húmida.
- No verão a temperatura média é de cerca de 30 ° C.

Poluição do ar local

- Num estudo de *Gupta em 2010*, de fevereiro a março de 2012, as PM₁₀ ultrapassaram os valores padrão, chegando mesmo a índice severo de poluição em todas as estações de medição durante o período de tempo em que as medições decorriam.

Fontes de emissão

- Veículos a motor, mais de 800 000, são a principal fonte de poluentes em Bhopal.

4.1.3. Bombaim

Bombaim foi declarada pela WHO como a quinta megacidade mais poluída do mundo em termos de PM₁₀, estando entre as 39 cidades na lista das mais poluídas em termos de PM_{2,5}. Os níveis de PM_{2,5} são elevados devido à atividade de veículos e construção e a queima de biomassa ou árvores, segundo o Instituto de Investigação Nacional de Engenharia Ambiental (NEERI) (Borwankar, 2016).

O papel que a MPCB (*Maharashtra Pollution Control Board*) tem no controle de poluição é importante como entidade reguladora e de controlo da poluição no estado de Bombaim. O governo de Bombaim não tem apostado nos transportes públicos, trabalhando na direção oposta a outros países do mundo. Como resultado, o número de pessoas que utilizam o transporte público desceu 60 por cento na última década, o que significa que mais pessoas estão a comprar veículos particulares (Ravindran, 2015).

Na verdade, Bombaim é uma das cidades na Índia, onde os níveis de poluição estão acima dos limites prescritos em 35-40 por cento dos dias do ano (Sharma, 2016). O número de veículos que operam em estradas de Bombaim tem tido alguns aumentos significativos nos últimos 10 anos. Além disso, os engarrafamentos intermináveis só aumentam as emissões de veículos na cidade (Ravindran, 2015).

A exposição a vários tipos de poluentes levou a um aumento da frequência e da incidência de asma, tosse e falta de ar, bem como casos de rinite alérgica e doença pulmonar obstrutiva crônica (Ravindran, 2015).

Dados:

População

1991 – 12 milhões
2001 – 16 milhões
2011 – 18 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Bombaim é composto por duas regiões distintas: distrito de Bombaim City e distrito de Bombaim Suburban.
- A área total de Bombaim é 603,4 km². A Região Metropolitana de Bombaim, que inclui partes das regiões Thane, Palghar e Raigad além da grande Bombaim, abrange uma área de 4.355 km².
- Bombaim fica na foz do rio Ulhas na costa ocidental da Índia, na região costeira conhecida como Konkan, e é banhada pelo Mar da Arábia, a oeste. O ponto mais alto da cidade tem 450 m.
- Além do Bhatsa Dam, há seis lagos principais que fornecem água para a cidade.

Clima

- Bombaim tem um clima tropical, especificamente um clima tropical húmido e seco, com sete meses de seca e um pico de chuvas em julho.
- O inverno é de dezembro a fevereiro e a temporada de verão de março a junho. O período de junho a sobre o fim do mês de setembro constitui a estação das monções do sudoeste, e outubro e novembro de formar a temporada pós-monção.
- A temperatura média anual é de 27,2 °C e a precipitação média anual é de 2 167 mm .

Poluição do ar local

Em 2014 a concentração de PM 2,5 foi 63 µg/m³, que é mais de seis vezes o limite de segurança de 10 µg/m³ (Borwankar, 2016).

Fontes de emissão

Veículos, construção e queima de biomassa são as maiores fontes de poluição.

4.1.4. Buenos Aires

A área metropolitana de Buenos Aires (MABA) é considerada a terceira maior megacidade da América Latina e integra a cidade de Buenos Aires (CBA) e a Grande Buenos Aires (GBA), com aproximadamente 32% da população do país (Venegas et al., 2011).

De acordo com um relatório publicado pelo *Clean Air Institute* (CAI), mais de 100 milhões de pessoas na América Latina respiram ar poluído. Os autores analisaram os níveis de partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}), ozono (O₃), dióxido de azoto (NO₂), e dióxido de enxofre (SO₂) na região (Maxwell, 2013). A qualidade do ar na cidade de Buenos Aires tem sido objeto de vários estudos realizados nos últimos anos e as causas mais importantes de poluição atmosférica decorrem da elevada concentração de poluentes de veículos sem exigências de cumprimento de normas por toda a cidade durante a hora de ponta, acrescida das emissões provenientes das centrais elétricas próximas (Ostachuk, 2008). Em comparação com outras grandes cidades (por exemplo, Cidade do México), que está cercada por altas montanhas que agravam muito a poluição atmosférica, Buenos Aires não tem características desfavoráveis. Contudo, durante o inverno, a população precisa de ser particularmente cuidadosa, principalmente se se é suscetível a doenças respiratórias, uma vez que uma combinação de fatores meteorológicos (vento fraco e uma forte inversão da temperatura superficial), ocasionalmente, impede que os poluentes do ar se misturem na atmosfera (Ostachuk, 2008).

Nos últimos anos a poluição do ar durante os meses de inverno foi piorando devido ao maior volume de tráfego nas estradas. Isso tem estimulado muitos residentes locais a levantar preocupações sobre os riscos decorrentes de má qualidade do ar na saúde humana, o que obrigou o governo a acompanhar o problema da poluição do ar através da instalação de duas estações de monitorização da qualidade do ar nas áreas da cidade com piores concentrações de poluentes do ar (Ostachuk, 2008).

A principal razão pela qual as emissões de NO_x dos veículos são tão altas deve-se ao facto de a maioria dos veículos em Buenos Aires não terem conversores catalíticos instalados, para além de existir uma central térmica para produção de energia elétrica localizada dentro da cidade (Ostachuk, 2008).

Há sempre causas anormais de poluição do ar que causam surpresa - exemplo disso foi o evento

que ocorreu na cidade de Buenos Aires, quando uma nuvem de partículas da queima dos pastos se deslocou para a cidade. Esse episódio afetou a cidade de 15-20 abril de 2008 e causou graves sintomas respiratórios e irritação dos olhos num grande número de pessoas que vivem em Buenos Aires. Além disso, houve vários acidentes de trânsito devido aos níveis de visibilidade (inferior a 100 metros) (Berbery, 2008).

Dados:

População

2010 – 15,7 milhões
2013 – 16,2 milhões
2016 – 16,8 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- A Cidade de Buenos Aires está localizada na América do Sul, às margens do Rio da Prata. O Rio da Prata e o Riachuelo são os limites naturais da Cidade no leste e no sul. O resto do perímetro está rodeado pela rodovia externa da Avenida General Paz, uma rodovia de 24 km de extensão que circunda a cidade de norte a oeste;
- A cidade tem uma extensão de 203 km², composto por 24 distritos.
- Esta área é caracterizada como "Pampas" (pastagem plana ou planícies). A área ocidental é mais elevada, com solos arenosos predominantes. A zona leste é uma zona deprimida, conhecida como bacia do Salado.

Clima

- O clima da cidade é subtropical húmido.
- A temperatura média é de 17,6 °C e a precipitação anual é de 1 147 mm.
- A época em que mais chove é no verão, quando se desenvolvem tempestades às vezes muito intensas, fazendo com que enormes quantidades de água caiam em pouco tempo. Raramente ocorrem temperaturas inferiores a 0 °C ou superiores a 36 °C.
- Buenos Aires recebe a influência de dois tipos de ventos sazonais: o *pampeiro* e a *sudestada*. O primeiro provém do sudoeste; a sudestada, menos frequente que o anterior, ocorre principalmente no outono e na primavera.

Poluição do ar local

Dois poluentes do ar mais frequentes na cidade de Buenos Aires, que ocorrem em níveis moderadamente elevados - CO e NOx.

Fontes de emissão

- Tráfego rodoviário
- Tráfego aéreo
- As fontes fixas de tamanho pequeno (atividades residenciais, comerciais e pequenas indústrias de combustão)
- Centrais térmicas

4.1.5. Cairo

O Cairo é a maior cidade do Egito com muitos problemas ambientais devido à sua rápida expansão. Nos anos 50 a população era já 2,4 milhões de pessoas, tendo tido um grande

aumento até aos dias de hoje, com níveis de concentração de poluição preocupantes. A poluição é agravada por ventos de reduzida velocidade, falta de chuva e grande tráfego automóvel (UNEP, 1992).

Em 1995, os primeiros atos ambientais foram introduzidos e a situação tem tido algumas melhorias, acompanhadas através de 36 estações de monitorização de ar. Vinte mil autocarros também foram encomendados para a cidade para melhorar os elevados níveis de congestionamento. Em 2003, o Egito deu início a um programa de testes de emissões de veículos aplicado na Grande Cairo (Zhu *et al.*, 2012).

Segundo um estudo realizado por Smith (1999) relativo a riscos de saúde devido à poluição do ar em Cairo, aproximadamente 3% da população é cronicamente exposta a níveis de PM₁₀ acima de 100 µg/m³, em comparação com 48% expostos a 50-100 µg/m³ e 49% expostos a 5-50 µg/m³. Cairo foi classificada como uma megacidade com qualidade ar extremamente má, onde as medidas para a redução da poluição do ar deveriam ser tomadas urgentemente (Gurjar *et al.*, 2008).

Tanto nas áreas urbanas como nas estradas, as ilhas de calor, representam a principal preocupação em climas quentes e áridos, e o Egito sofre com este efeito (Zhu *et al.*, 2012).

A informação relativa às quantidades de poluentes emitidos na atmosfera em Cairo é muito limitada. Assim, um inventário de emissões mais atualizado e detalhado, como um inventário regional, poderá melhorar a compreensão dos níveis de poluição do ar na área (Zhu *et al.*, 2012).

Dados:

População

1996- 12,6 milhões
2006 – 15,63 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- O Cairo situa-se na margem oriental do Rio Nilo a uma altitude de 74 m acima do mar nível.
- A Grande Cairo (GCA) consiste em três províncias; Cairo, Giza e Kalubia. Giza é um grande setor residencial situado a oeste da cidade (Change , 2010).
- A principal área povoada é de 200 km², sobre uma superfície total de 8815 km² (Zhu *et al.*, 2012).

Clima

- Cairo situa-se na região subtropical e tem um clima desértico, caracterizado por calor muito seco. As temperaturas médias variam de 13 °C em janeiro a 28 °C em julho. Os ventos predominantes no Cairo durante todo o ano são do Norte; as noites são geralmente frias e durante o inverno bastante húmidas (contribuindo para as inversões térmicas). Durante o Inverno, o clima geral é frio, húmido e chuvoso; enquanto durante a temporada de verão o clima predominante é quente e seco (Zhu T. *et al.*, 2012).
- Há tempestades de areia que transportam poeiras e ocorrem com frequência na primavera e outono aquando de ciclones quentes que no deserto conhecidos como depressões "Khamasin". Estes ciclones são sempre associados a ventos quentes, secos e fortes, muitas vezes transportando pó e areia que aumentam os níveis de PM.

Poluição do ar local

- As medições da qualidade do ar no Cairo têm vindo a registar níveis perigosos de chumbo (Pb) (Zhu T., et al., 2012).
- O ozono na área sudoeste do Cairo atingiu $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no verão de 2001. Khoder [2009] relatou observações (dezembro 2004-novembro 2005) de O_3 ao nível do solo, concentrações de NO_2 e NO:
 - Os valores médios de O_3 eram cerca de 44, 65, 91 e 58 ppb de dia durante o inverno, primavera, verão e outono estações, respetivamente.
 - As variações diurnas em concentrações de NO e de NO_2 durante o inverno e verão mostrou dois picos diários ligados a uma densidade de tráfego. Os mais altos níveis de NO_x foram encontrados no inverno.
 - O ano todo, as concentrações de O_3 diurnas médias observadas ultrapassadas em cerca de 35% (Inverno) a 100% (verão) dos dias os padrões egípcios e da União Europeia de qualidade do ar de 60 ppb para o dia (8 h).

Fontes de emissão

- No Egito, os principais sectores industriais consistem em indústria de cimento, fundições de metal, tijolo fábricas, fertilizantes, alumínio, petroquímica, química, fábricas de açúcar e têxteis. Cerca de 52% das indústrias e cerca de 40% da produção de eletricidade no Egito estão localizados na GCA (Nasralla, 2001).
- O Cairo também tem muitas fundições de chumbo e cobre não registadas que poluem fortemente a cidade. A área urbana central do Cairo é uma área comercial que compreende milhares de pequenas oficinas, industrias e padarias (Zhu et al., 2012).
- As PM_{10} , têm uma contribuição bastante importante originada no deserto.
- Há mais de 2 milhões de carros nas ruas do Cairo, 60% dos quais são mais de 10 anos de idade e, portanto, não possuem catalisadores.
- As queimadas a céu aberto são uma prática comum no Egito e um dos principais contribuintes para a poluição do ar na área (Zhu et al., 2012).

4.1.6. Cidade do México

A poluição do ar local tem sido uma prioridade para os decisores políticos no México desde o início dos anos 1990, quando a Cidade do México foi citada como sendo a cidade com pior qualidade do ar mundo em 1992, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU). Este foi o culminar de décadas de industrialização e urbanização, que viu a população urbana expandir de cerca de 12 milhões em 1950 para quase 100 milhões em 2015 (IEA, 2016).

O crescimento da população, urbanização, migrações, industrialização e crescimento económico trouxeram também problemas com os poluentes ao ar primários e secundários. A monitorização automática de qualidade do ar desde 1980 revelava elevadas concentrações dos poluentes: Pb, Co, PM, NO, SO_2 e O_3 (Molina et al., 2009). Por esta razão, o governo e os cidadãos têm tido noção da qualidade do ar e reconhecem que a poluição do ar é uma preocupação ambiental e social (Molina et al., 2009).

A MCMA (*The Mexico City Metropolitan Area*) tem uma densidade de população muito elevada, bem como uma elevada concentração de atividades industriais e comerciais. A própria topografia e meteorologia da cidade afeta significativamente a qualidade do ar. Por essa razão foi criada uma Comissão de Ambiente, que é um corpo de autoridades ambientais do governo federal, criado em 1990 para coordenar os programas e políticas implementadas na área metropolitana (Molina et al., 2002).

Dados:

População

1990 - 8,2 milhões
2000 - 8,6 milhões
2010 - 8,8 milhões
2014 - 8,9 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- A cidade encontra-se numa bacia (planalto confinado por três cadeias de montanhas (leste, sul e oeste) mas com uma ampla abertura para o norte e uma abertura estreita para sudeste.
- Dois grandes vulcões, *Popocatepetl* e *Ixtaccihuatl* estão no cume da montanha sudeste da bacia.
- A área metropolitana abrange cerca de 1500 km², no lado sudoeste da bacia.

Clima

- Nov - Feb → Estação frio- seco (grandes inversões e picos de poluição primária de manhã)
- Mai – Oct → Estação chuvosa (PM₁₀ e CO baixos) (Molina *et al.* , 2009).
- Ventos fracos, baixa humidade, inversões de temperatura durante a noite e com as concentrações dos poluentes primários a durarem horas.
- Por ser um local de elevada altitude a formação de ozono é favorecida.
- No inverno há mais inversões térmicas e menos chuva.
- Tem também havido um aumento no número e duração das ondas de calor (Molina *et al.*, 2009).

Poluição do ar local

- PM₁₀ e ozono são os poluentes mais problemáticos.
- Em 2009, o ozono era excedido, relativamente aos padrões de qualidade do ar, 90% dos dias. Os níveis de PM e ozono continuam a exceder os padrões recomendados pela OMS (Molina *et al.*, 2009).

Fontes de emissão

- Atualmente com 3,5 milhões de carros, 35 mil indústrias e serviços e 40 milhões de litros de combustível fóssil por dia a serem utilizados, emitem-se milhares de toneladas de poluentes para a atmosfera. (Molina, L. t., *et al.*, 2009).

4.1.7. Jakarta

Jakarta, a capital da República da Indonésia está localizada na ilha de Java. Esta ilha teve um crescimento de população dramática no século 20, sendo a décima primeira maior cidade do mundo, com uma população em rápido crescimento (Cahyandito, 2001). A cidade tem feito um notável progresso económico e social desde 1967, com a centralização da atividade industrial da Indonésia, em consequência dos problemas de poluição do ar, sendo considerada uma das cidades mais poluídas do mundo (Cahyandito, 2001).

Períodos de fraco crescimento económico e novas políticas ambientais levaram a uma desaceleração em algumas atividades que geravam quantidades significativas de poluentes e tal trouxe alguns sinais de melhoria. Porém, dados recentes do governo apontam para um aumento acentuado do nível de poluentes atmosféricos associados a um aumento do crescimento económico - os níveis de partículas PM₁₀, CO e NO₂ ultrapassaram em muito os limites estabelecidos pela WHO em 2011. As vendas de automóveis atingiram um recorde em 2011 e a construção também cresceu. Além disto, a capital continua a atrair multidões de imigrantes a cada ano (Otto, 2012). Para lidar com os problemas de poluição do ar, a cidade tem feito uma eliminação progressiva da utilização de gasolina com chumbo desde há 10 anos, entre outras medidas (Cocherane, 2015).

Um estudo realizado pela Universidade da Indonésia - Faculdade de Saúde Pública, descobriu que 58 por cento de todas as doenças entre as pessoas que vivem na cidade estavam relacionadas com a poluição do ar desde 2011 (Cocherane, 2015). Vários estudos têm mostrado que mais de 50% dos habitantes de Jakarta sofreram doenças relacionadas com a poluição do ar, com os moradores Jakarta a sofrer os efeitos físicos do ar mais poluído.

Os decisores políticos têm ainda que lidar com bases de dados que não são tão completas como seria desejável. A cidade precisa de estações de monitorização automáticas, e monitorar especificamente junto a estradas, o que requer financiamento (Otto, 2012). Entre 2005-2010 os dados foram retirados de apenas uma ou duas estações, muitas vezes a partir de diferentes localizações, o que complica as tentativas de comparar os resultados ao longo do tempo, deixando claro que o atual sistema de recolha de dados é inadequado (Otto, 2012).

Os esforços para desenvolver um melhor sistema de transporte público que poderia convencer os condutores a deixarem seus carros em casa não foram suficientes. Camiões e outros veículos criam longos engarrafamentos em Jakarta, e os especialistas temem que os moradores se tenham tornado tão insensíveis ao ar tóxico da cidade que não pressionam as autoridades a tornar os públicos os dados de qualidade do ar mais dramáticos e consequentemente pressionar para melhorar a qualidade do ar (Otto, 2012).

Dados:

População

1980 – 6,0 milhões
1995 - 11,5 milhões
2015 - 21,2 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Jakarta está localizada na ilha de Java na foz do rio Ciliwung em Jakarta Bay; a área do Distrito é de 662 km²
- Encontra-se numa bacia baixa e plana.
- 40% de Jakarta, particularmente nas áreas do norte, está abaixo do nível do mar (Martha- Fani, Cahyandito, 2001).

Clima

- Clima tropical de monção
- Estações secas e húmidas distintas. A estação das chuvas em Jakarta vai de outubro a maio. Os restantes quatro meses (junho a setembro) constituem estação seca da cidade.

Poluição do ar local

- Cinco principais poluentes atmosféricos de acompanhamento regular pela agência de monitorização – CO, NO₂, SO₂, Pb e PM₁₀. Com exceção do dióxido de enxofre, os valores desses poluentes no ar continuaram a aumentar ao longo dos últimos seis anos.
- Valores de 2013:
 - NO₂ 74,14 µg/m³ (limite 92,5 µg/m³)
 - PM₁₀ e os níveis de CO aumentaram em 86 por cento e 60 por cento, respetivamente.
 - O volume de dióxido de enxofre, por sua vez, caiu 77 por cento (Maulia, 2014)

Fontes de emissão

As emissões dos veículos são a fonte mais importante de poluentes (44% de partículas, 89% de hidrocarbonetos, 73% de óxidos de azoto, e 100% de chumbo) (Cahyandito, 2001).

4.1.8. Londres

Em dezembro de 1952 uma nuvem *smog* cobriu Londres, resultando num número de mortos e morbidade sem precedentes. Este episódio foi o grande impulsionador de regulamentação devido ao seu impacto na percepção pública, autoridades e comunicação social. Historicamente é um dos episódios mais importantes de poluição do ar à escala mundial. Foi evidente o número de mortes com a poluição do ar, mesmo as que só ocorreram meses depois, pois foram muito acima do normal. Apenas um surto epidémico pode causar tantas mortes como as provocadas nos meses seguintes.

Apesar de Londres não ser citada como uma das cidades mais poluídas do mundo, a *Oxford Street* (uma movimentada rua comercial no centro de Londres) relatou uma concentração de NO₂ média anual de 134 µg/m³ em 2013 (mais de três vezes a orientação da WHO) (IEA, 2016). Mas, enquanto os coletores de partículas não têm sido bastante eficazes em cortar este tipo de poluição proveniente de veículos, normas para reduzir as emissões de NO₂ têm tido o mesmo sucesso (Carrington, 2016).

O maior problema da cidade decore das elevadas concentrações de dióxido de azoto (NO₂). Em todo o país, o governo estima que 23 500 pessoas morram prematuramente por causa da poluição associada a este poluente. Ao contrário da poluição de *smog* no passado, o NO₂ é um “assassino” escondido - não se pode ver, cheirar ou sentir sabor (Carrington, 2016).

Em dias de poluição, o governo recomenda que adultos e crianças com problemas respiratórios, como asma, adultos com problemas cardíacos e idosos devem evitar o exercício extenuante. A qualidade do ar de Londres é constantemente monitorada em cerca de 100 locais diferentes e apesar das medidas implementadas, os níveis de PM₁₀ e NO₂ são ainda elevados em algumas áreas da cidade.

Em 2011, a cidade de Londres enfrentou uma multa de várias centenas de milhões de euros caso a cidade não cumprisse os níveis limites de PM₁₀. O presidente da Câmara de Londres lançou então o desafio à Comissão europeia, dizendo que a causa dos maus resultados de poluição em Londres se devia a outros países europeus - poluição proveniente dos transportes rodoviários e fertilizantes agrícolas da Europa Ocidental, bem como das centrais térmicas na Europa Central e Oriental. O porta-voz da comissão Europeia reconheceu que a poluição atmosférica não conhece fronteiras, e que podia muito bem ter sido poluição do ar transportada para o Reino Unido; contudo esses episódios serão raros e a meteorologia frequentemente arrasta a poluição na direção oposta (Harrell, 2011).

Dados:

População

1991 – 6,80 milhões
2001 – 7,17 milhões
2011 – 13,22 milhões
2014 – 13,74 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Área da *London Metropolitan Region* têm 8 382 Km².
- As terras altas de Londres são compostas por colinas escarpadas, montanhas rochosas, vales e planícies. Esta área tem um clima mais frio e é geralmente inadequada para a agricultura. Um cume faz fronteira com o extremo norte da cidade, que forma uma série de colinas, como o Highgate Hill e Crouch Hill. A parte sul da cidade inclui um cume separado com colinas suaves. A zona da planície de Londres, é onde a maior parte da sua população é concentrada e inclui declives suaves e temperaturas mais quentes.

Clima

Clima temperado-marítimo com temperaturas moderadas. A temperatura média no verão é de cerca de 21-24°C. O inverno pode ser frio, mas por causa da ilha de calor urbano, a própria Londres não recebe regularmente queda de neve significativa. A temperatura média no inverno em Londres é 5-8°C (Zhu et al., 2012)

Poluição do ar local

- A grande maioria dos NO_x, CO e PM₁₀ em Londres são emitidos a partir de fontes móveis. Numa estimativa de 1997, as emissões associadas às rodovias davam uma contribuição de NO_x, CO, e PM₁₀ na ordem de 76%, 97%, e 77%, respetivamente, das emissões totais (Zhu et al., 2012).
- Além de NO₂, as partículas em suspensão (PM) permanecem o dobro dos valores-guia da WHO (Carrington, 2016).

Fontes de emissão

A maior parte da poluição em Londres é causada pelo transporte rodoviário e sistemas de aquecimento doméstico e comercial.

4.1.9. Los Angeles

O *smog* fotoquímico de verão foi identificado pela primeira vez como um problema na década de 1950 na cidade de Los Angeles (Califórnia – EUA) e por essa razão foi a primeira cidade a ter padrões de emissões de veículos a motor (1966) e a criar políticas que exigiam catalisadores nos carros, combustíveis limpos de chumbo (Parrish, et al., 2011). Dos anos 70 até ao presente, as emissões de NO_x na *California's South Coast Air Basin* (SoCAB), têm declinado substancialmente devido à diminuição do comércio e do tráfego rodoviário. O O₃ passou de 600 ppbv (1960) para 200 ppbv (1998) (Parrish, et al., 2011). Desde o primeiro alerta de *smog*, foram

reduzidos de 200 eventos/ano (em 1970s) para 10 eventos/ano (dias de hoje) (Parrish, *et al.*, 2011).

A SoCAB é um bom exemplo dos benefícios de controlo de emissões e evolução das estratégias de controlo de emissões numa crescente megapólis, sendo uma das maiores histórias de sucesso. Esta melhoria na qualidade do ar foi conseguida apesar de várias circunstâncias que tornam a SoCAB particularmente suscetível a elevadas concentrações de poluentes atmosféricos (Zhu, *et al.*, 2012).

É justo dizer que esta megacidade deixou de ser uma das mais poluídas do mundo nos últimos 50 anos e as estimativas são de que muitos milhares de vidas foram salvas graças às melhorias da qualidade do ar (Zhu, *et al.*, 2012). As tendências temporais dos poluentes primários, NO₂ e CO, refletem a história da estratégia de controlo da qualidade do ar adotada nos Estados Unidos. Inicialmente, em meados da década de 1970, o foco de controlo estava sobre COVs e CO, incluindo nomeadamente a introdução dos conversores catalíticos em automóveis. O enfoque deslocou-se mais tarde para incluir controles de emissão de NO_x (Zhu *et al.*, 2012). As emissões de SO₂ também diminuíram substancialmente ao longo das últimas três décadas, principalmente devido à redução do enxofre nos combustíveis (Zhu *et al.*, 2012).

Vários estudos recentes indicam que a poluição local pode ter efeitos globais. Um estudo da Universidade da Califórnia revela que as centrais a carvão chinesas contribuem para problemas de *smog* do outro lado do Oceano Pacífico. O estudo conclui que a poluição gerada pelas indústrias da China (e de outros países asiáticos) percorrem milhares de quilómetros por dia e causam, por exemplo, problemas nas florestas tropicais do Bornéu. “Quando as centrais a carvão lançam fumo em Pequim, a Califórnia também tosse.” (Courrier Internacional, 2015). Estudos recentes dizem que Los Angeles é bastante sensível aos efeitos das alterações climáticas; contudo as interações entre as ilhas de calor, qualidade do ar e mudanças climáticas terão de ser melhor estudadas e entendidas, tal como os feedbacks dos processos envolvidos (Parrish, *et al.*, 2011).

Dados:

População

1991 – 11,27 milhões
2001 – 12,36 milhões
2010 – 12,82 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Área: 7 683 km²
- Grande parte da população vive numa bacia limitada pelo Oceano Pacífico a oeste e por montanhas nos outros três lados, as quais impedem uma ventilação eficiente horizontal da área.
- A baixa inversão associada a um sistema de alta pressão persistente do Pacífico, limita a mistura vertical dentro da bacia, e o sistema de brisa terra-mar circula o ar poluído dentro da bacia (Zhu, *et al.*, 2012).

Clima

- Características topográficas e meteorológicas permitem que as emissões se acumulem ao longo de vários dias, durante os episódios de fluxo de ar relativamente estagnado (Zhu *et al.*, 2012).
- Durante a estação de verão (de maio a outubro) o céu claro e as temperaturas altas dominam, contribuindo para a velocidade de produção fotoquímica de O₃ e de outros produtos fotoquímicos. (Parrish *et al.*, 2011).

Poluição do ar local

- Episódios de *smog* (causado por O₃) violaram o padrão de ozono de 75 ppb em 92 dias, em 2014.
- Poluição por partículas ultrafinas (PM_{2.5}) são a causa de muitas doenças na área.

Fontes de emissão

- O transporte privado é um dos maiores problemas, sendo responsável por uma grande parte das emissões na área urbana (Zhu, *et al.*, 2012).

4.1.10. Mazar- e Sharif

As fábricas de produtos cerâmicos (tijolos) no Afeganistão, muitas dentro e em torno das cidades, emitem uma grande quantidade de poluentes para a atmosfera urbana já fortemente poluída pelo tráfego. Apesar das fábricas de tijolos obviamente serem importantes para o emprego, estão a contribuir com quantidades significativas para a poluição do ar, que comportam riscos de doenças respiratórias para os trabalhadores e moradores locais. (UNEP, 2003).

As autoridades da cidade afegã de Mazar-e Sharif estão a fazer uma grande campanha para reduzir a poluição, mas os donos das empresas de transporte de camiões dizem que as suas empresas estão a sofrer com estas medidas. As autoridades afirmam ter reduzido a poluição em 70 por cento, forçando olarias e outras fábricas a mudar-se para fora do centro da cidade, plantando de árvores, limitando o acesso a veículos e eliminando veículos mais antigos (com elevadas emissões) (Delasa, 2012).

Mais ainda, devido ao baixo custo e falta de outras alternativas, os afegãos são obrigados a queimar madeira, a fim de terem calor para cozinhar. Juntando a isto o facto de que um grande número de veículos usa combustíveis de baixa qualidade, a poluição do ar tornou-se um problema nas principais áreas urbanas do Afeganistão. Como resultado, os moradores das cidades tiveram um aumento de ataques de asma, bem como doenças respiratórias. O governo precisa de desenvolver uma estratégia de monitorização do ar e chegar a formas de reduzir as emissões (Qazi, 2008).

Dados:

População

1979 – 1,03 milhões
2006 – 3,00 milhões
2016 – 4,15 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Situada numa grande planície do norte, na província de Samangan, Mazar-e-Sharif é a terceira maior cidade do Afeganistão.

Clima

- Clima árido a semiárido; invernos frios e verões quentes.

Poluição do ar local

Mazar-e-Sharif é a terceira maior cidade do Afeganistão e tem uma elevada concentração de material particulado e produtos químicos que fazem com que o ar apresente uma má qualidade.

Fontes de emissão

- As emissões dos veículos são consideradas um dos principais contribuintes para a poluição do ar, agravadas pelo uso generalizado de combustível de baixa qualidade.
- Os cortes de energia e a ausência de uma rede nacional de gás natural significa que muitas famílias utilizam madeira, carvão e óleo de aquecimento para cozinhar e aquecer.
- Algumas fábricas de tijolos, banhos públicos e pequenas empresas queimam pneus velhos, plástico e resíduos de combustível para reduzir custos.

4.1.11. Nova Deli

Durante as décadas de 70 e 80 do século passado, Nova Deli sofreu um crescimento populacional, de veículos e de indústrias de pequena escala sem precedentes, o que causou um desequilíbrio ecológico grave e uma enorme degradação ambiental. O problema tem-se agravado ainda mais pela crescente migração de estados vizinhos (Ministry of Environment & Forests, Government of Índia, 1997). Embora a expansão da indústria e comércio tenham proporcionado desenvolvimento económico, o aumento dos níveis de vários poluentes do ar, principalmente no período entre 1989 e 1996, trouxe picos de poluição desaconselháveis à saúde humana.

A qualidade do ar em Nova Deli melhorou no início de 2000 devido a uma série de intervenções, incluindo a conversão em larga escala da frota de autocarros. No entanto, o grande aumento na procura de atividades de transporte e construção inverteu esta tendência nos últimos anos. A grande intervenção em que Nova Deli está a apostar é na extensão do sistema de metro ferroviário a fim de mudar as tendências de transportes motorizados. O nível esperado da mudança é incerto e depende de uma série de fatores (Zhu *et al.*, 2012).

Em outubro de 2010, Nova Deli, a capital da Índia, sediou os Jogos *Commonwealth* e o debate sobre a qualidade do ar e saúde dos atletas durante os Jogos deu protagonismo ao problema, semelhante aos debates sobre a qualidade do ar em Pequim antes e durante os Jogos Olímpicos em 2008. Medidas a curto prazo, com a lição de Pequim para Nova Deli, são um bom exemplo, a fim de trazer a poluição a um nível administrável de forma rápida e eficiente. Algumas sugestões para organismos públicos incluem (Zhu *et al.*, 2012):

- Melhorar o número de monitores de qualidade do ar que operam na cidade;
- Melhorar a compreensão das contribuições das fontes de emissão dentro e fora da cidade;

- Interromper o funcionamento de parte das indústrias, dependendo das previsões meteorológicas e de qualidade do ar (diariamente ou semanalmente);
- Impor restrições rigorosas sobre a queima de lixo durante os meses de inverno, especialmente a queima a céu aberto para fins de aquecimento nas áreas residenciais;
- Lançar incentivos para promover o uso de autocarro, comboio e metro.

As cidades de Nova Deli e Pequim partilham a fama de cidades mais poluídas do mundo. Contudo, há uma separação clara na resposta de cada uma delas a níveis perigosos de poluição do ar, na medida em que Pequim face a um índice perigoso de poluição toma medidas imediatas como o encerramento de indústrias, de escolas e impõe restrições à circulação automóvel.

A qualidade do ar de Nova Deli, de acordo com a WHO é a quinta maior causa de morte na Índia. A má qualidade do ar afeta 50% das crianças, e um relatório do Ministério do Ambiente e Florestas, na Índia, em 1997 analisou a situação ambiental em Nova Deli estimando que cerca de 3000 toneladas de poluentes atmosféricos sejam emitidos diariamente – com contribuições de veículos (67%) e de centrais térmicas utilizando carvão (12%) (Ministry of Environment & Forests, Government of Índia, 1997).

Na Índia, as perspetivas da poluição do ar para 2040 são dramáticas com o aumento da procura de energia em 150%, apesar de normas mais rigorosas nos setores de energia e transportes. A substituição de combustíveis tradicionais de cozinha e metas ambiciosas para a energia eólica e solar irão ajudar a limitar o crescimento das emissões de poluentes, mas apenas evitando cerca de 10% das emissões (IEA, 2016).

Dados:

População

1991 - 6,20 milhões
2001 – 13,85 milhões
2011 – 16,787 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Área: 1 483 Km²
- Localizada entre as serras da Grande Himalaia e Aravallis. A área de Nova Deli está rodeada em três lados pelo estado de Haryana, com o estado de Uttar Pradesh no lado restante. A topografia pode ser dividida em três partes diferentes, as planícies, a planície de inundação Yamuna, e o cume.
- Nova Deli está localizada na margem ocidental das planícies do Ganges. Fica a cerca de 200 a 300 metros acima do nível do mar.

Clima

- Nova Deli tem um clima semiárido, com um verão extremamente quente e um inverno com chuvas médias e muito frio. Tempestades de areia ocorrem com frequência durante os meses de verão levando à acumulação de partículas na atmosfera (Ministry of Environment & Forests, Government of India, 1997).
- A variação sazonal da altura da camada de mistura é muito proeminente em Deli. Durante os meses de inverno, a altura da camada de mistura é baixa, o que leva ao aumento das concentrações de poluentes atmosféricos (Zhu *et al.*, 2012).

Poluição do ar local

- Relativamente aos seis poluentes principais considerados – PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, CO e O₃ – a poluição por PM está frequentemente acima dos padrões médios diários (standard de PM₁₀ e PM_{2.5} são de 100 µg m⁻³ e 60 µg/m³, respetivamente) (Zhu *et al.*, 2012).

Fontes de emissão

- A rápida expansão da cidade originou o crescimento de transporte, geração de energia, construção, queima doméstica e atividade industrial, resultando num aumento não controlado da poluição do ar (Zhu *et al.*, 2012).
- Também poeiras resultantes da queima em culturas agrícolas atinge Nova Deli e contribui para a poluição atmosférica e formação do ozono (Zhu *et al.*, 2012).

4.1.12. Nova Iorque

A cidade de Nova Iorque é o maior centro financeiro e comercial dos Estados Unidos da América, e o quarto maior centro industrial do país. Por essa razão os níveis de poluentes por vezes atingem níveis prejudiciais à saúde humana.

Em 1966, ocorreu um importante evento de poluição atmosférica, que ocorreu entre 23-25 de novembro, no fim-de-semana de Ação de Graças daquele ano. A 23 de novembro, uma grande massa de ar estagnado e com poluentes aprisionados fez com que durante três dias a cidade de Nova Iorque experimentasse elevados níveis de monóxido de carbono, dióxido de enxofre, *smog* e neblina. Foi emitido um alerta, onde o governo pediu aos moradores para evitar voluntariamente uma condução desnecessária, a incineração de lixo e limitando o funcionamento das indústrias a fim de minimizar as emissões. Uma frente fria acabou por dispersar a massa de ar a 26 de novembro e o alerta acabou.

As autoridades de saúde da cidade, inicialmente, disseram que a poluição provavelmente não havia causado mortes em excesso. Mais tarde, a análise estatística mostrou que 168 pessoas provavelmente morreram por causa da poluição atmosférica. Este evento serviu para uma maior consciência nacional sobre a poluição do ar como um problema de saúde grave e uma relevante questão política. Como consequência, a cidade de Nova Iorque atualizou as suas leis locais sobre o controlo da poluição do ar.

A cidade recentemente estimou que cerca de 2 700 mortes prematuras por ano poderiam ser atribuídas a partículas finas e ozono no ar (Hinsdale, 2016). A organização *New York City Community Air* mede PM_{2.5} em cerca de 60 locais por toda a cidade. Em 2012, a EPA reduziu o nível aceitável de PM_{2.5} anual para 12 microgramas por metro cúbico de ar. Vários distritos comunitários em Manhattan e áreas vizinhas já se aproximam desse limite. A orientação da WHO é ainda menor - 10 µg/m³ -, e se fosse o adotado, 12 bairros de Nova Iorque não iriam cumprir o padrão da WHO (Hinsdale, 2016). De 2008-2014 os níveis de dióxido de enxofre caíram 67 por cento em toda a cidade de Nova Iorque. Mais importante, os níveis diminuídos foram mantidos apesar das flutuações da temperatura média no inverno. Em 2013, a cidade estima que a melhoria da qualidade do ar tenha contribuído para menos 1 600 atendimentos de urgência por asma e 780 menos mortes por ano (Hinsdale, 2016).

Dados:

População

1990 – 17,9 milhões
2000 – 18,9 milhões
2010 – 19,3 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- A área total da cidade é de 1 214 km². O ponto mais alto da cidade é *Todt Hill* em *Staten Island*, a 124,9 m acima do nível do mar. A maior parte de Nova Iorque localiza-se no conjunto de ilhas na foz do Rio *Hudson*, ocupando toda a ilha de *Manhattan*, bem como o oeste de *Long Island*.

Clima

- Clima Húmido SubTropical, com inverno de Nova Iorque (entre os meses de dezembro e fevereiro) onde a temperatura média é de 2 °C e pode chegar facilmente a - 12 °C. No verão (junho, julho e agosto) a temperatura média pode chegar aos 35 °C (Peel, 2013).

Poluição do ar local

Durante um período 2008 – 2014:

- o Os níveis de NO diminuíram 16%,
- o As maiores quedas foram observadas no SO₂, com cerca de 68%
- o Os níveis de ozono permaneceram relativamente estáveis.
- o Níveis mais elevados de PM_{2.5} continuam a ser observados em áreas de maior densidade de tráfego e áreas industriais

Fontes de emissão

- Os veículos são uma das maiores fontes de poluição do ar em Nova Iorque (incluindo os transportes públicos).
- Centrais de produção de energia elétrica - Emissões das centrais estão continuamente a aumentar a cada ano devido ao aumento da procura por energia.
- Construção – as empresas de construção são encorajadas a usar menos energia e a construir de uma forma mais responsável.

4.1.13. Onitsha

Onitsha situa-se na região de Anambra, Nigéria. A sua rápida industrialização e crescimento populacional tem originado grandes problemas ambientais. A magnitude dos problemas varia sempre de país para país dependendo de fatores como a regulamentação ambiental, que, em países em desenvolvimento como é o caso da Nigéria, é reduzida face aos problemas de poluição do ar. Uma das grandes preocupações é também a falta de sensibilidade das pessoas do país para os problemas relativos aos resíduos, ruído e odores. Onitsha é uma cidade localizada nas margens do rio Niger e por essa razão tem uma localização estratégica, tanto a nível de transporte como comercialmente. Segundo a WHO, Onitsha é a cidade mais poluída do

mundo, tanto em termos de *smog*, como nos resíduos e água (Parke, 2016). 94% da população Nigeriana está exposta a níveis que excedem os valores-guia da WHO.

A África enfrenta múltiplos desafios ambientais e de desenvolvimento, que são ampliados pela pobreza da população. A poluição do ar faz com que milhares de mortes prematuras ocorram anualmente na África subsaariana, onde quatro quintos da população contam com o uso tradicional da biomassa sólida para cozinhar (causando emissões de material particulado PM_{2,5}) (IEA, 2016). As cidades estão a tornar-se cada vez mais sufocadas com os veículos (que não são regulamentados por normas de emissão, pelo uso de geradores para mitigar as falhas no fornecimento de eletricidade e pela a queima generalizada e resíduos. Onitsha possui ainda uma grande concentração de indústrias com elevados riscos de poluição industrial (algumas indústrias não fazem qualquer tratamento dos seus efluentes). Lagos e Onitsha são exemplos de cidades nigerianas cujos problemas ambientais são identificados como consequência destes diferentes fatores (IEA, 2016).

Partes de África estão a ter um crescimento económico relativamente forte, tendo a produção da África sub-Sahariana duplicado desde 2000. 22% da população mundial viverá em África em 2040, em comparação com 10% em 1971 e 16% atualmente. África é hoje o continente mais rural do mundo (com apenas cerca de 40% da população a viver em áreas urbanas), mas é uma das regiões do mundo com mais rápida urbanização. Com o aumento da população e crescimento económico, a procura de energia também aumentou desde 2000, sendo dominada por biomassa. Na Nigéria, aqueles que têm acesso a eletricidade, sofrem apagões frequentes, (em média, 33 interrupções de energia a cada mês), segundo o *World Bank*, 2016. Por essa razão os combustíveis fósseis dominam a produção de eletricidade, o que representa mais de 80% do total das fontes de energia.

A adoção de padrões mais elevados de emissões de escape de veículos foi implementada de forma muito limitada na Nigéria, cujas normas de emissões atingem apenas as normas EURO II (introduzida na Europa em 1996) (IEA, 2016). Estudos para uma série de outros países confirmam custos económicos significativos associados à poluição do ar: Nigéria cerca de US \$ 80 bilhões em 2006 (Yaduma *et. al.*, 2013).

Apesar da uma ausência geral de medidas políticas atuais para mitigar os efeitos adversos da qualidade do ar associado ao aumento previsto de 75% na procura de energia, o que significa que as emissões de PM_{2,5} em África tenderão a crescer quase um quinto até 2040, melhorias no acesso à energia moderna farão com que o número anual de mortes prematuras atribuíveis à poluição doméstica diminua (IEA, 2016). Prevê-se que produção de energia elétrica possa triplicar, o que poderá motivar investimentos em energias renováveis e evitar aumento de concentração de poluentes.

Dados:

População

2006 – 8,1 milhões
2011 – 9,35 milhões
2015 – 10,50 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Área: 300 km²
- Onitsha encontra-se num grande ponto de passagem leste-oeste do rio Niger, e ocupa o ponto do rio navegável por navios de grande porte. Esses fatores têm feito historicamente Onitsha um importante centro de comércio entre as regiões costeiras e do norte, bem como entre a Nigéria oriental e ocidental.

Clima

Clima tropical. Há muito menos precipitação no inverno do que no verão. Onitsha tem uma temperatura média de 27,0 °C.

Poluição do ar local

Verificam-se níveis preocupantes de PM₁₀ → 594 µg/m³ (média anual)

Fontes de emissão

- Dependência do uso de combustíveis sólidos para cozinhar (envolvendo também a queima de resíduos), uso de geradores, emissões de automóveis não regulamentada.
- Indústrias de padaria, plásticos e espumas, sabonetes, detergentes e cosméticos, indústrias têxteis, indústrias de plásticos, tintas, indústria automobilística e atividades de mineração.

4.1.14. Pequim

Sendo Pequim a capital da China, a cidade cresceu muito rapidamente nas últimas décadas. A escala e a velocidade do crescimento da China resultaram numa deterioração significativa da qualidade do ar, com o nível total de emissões poluentes do ar bem acima de outros países da região. Estima-se que cerca de 55% da população está exposta a níveis que não estão em conformidade com os padrões da WHO, resultando em cerca de 1 milhão de mortes prematuras atribuídas ao nível de poluição interior (IEA, 2016). O governo chinês há muito reconheceu a gravidade deste problema (a prevenção e controlo da poluição do ar remontam à década de 1970), estando de momento a ser feito um conjunto de esforços mais abrangentes. A iniciativa principal foi o Plano de Ação para Prevenção e Controlo da Poluição do Ar anunciado em 2013 (IEA, 2016).

Em 2014, Pequim foi considerada - de acordo com a seriação da Academia de Ciências Sociais de Xangai - como uma cidade "imprópria para a vida". A escolha foi motivada, principalmente, pela elevada quantidade de poluentes que frequentemente alcançam índices sete ou oito vezes o recomendado pela WHO).

A qualidade do ar em Pequim é rotineiramente medida pelo *Centro Municipal de Monitorização da Proteção Ambiental de Pequim*, contando com 27 estações automáticas de monitorização (3 no centro urbano, 14 em regiões suburbanas) (Zhu *et al.*, 2012). Os poluentes atmosféricos medidos, cuja qualidade do ar é avaliada por um Índice de Poluição do Ar nas estações, o SO₂, NO₂ e PM₁₀ (Zhu *et al.*, 2012).

Em 2006 a química do ar da cidade e áreas circundantes foram estudadas nas campanhas de campo *CareBeijing*, incluindo medições de O₃, PM_{2.5} e CO. A base de dados (com medições de 2006, 2007, 2008) foi estabelecida e avaliada baseando-se no protocolo do projeto (Zhu *et al.*, 2012).

Durante acontecimentos políticos as autoridades decretam paragem de atividades. Em 2013, em Hargzhu, suspenderam 265 estaleiros e 11 demolições aquando o pico de poluição. Em 2014 Pequim criou um “regulamento provisório” (*Courrier internacional*, 2015). onde se exigia que se incluíssem os custos associados ao tratamento de emissões de poeiras. Como resultado 26 empresas foram suspensas e foi criado o referido imposto.

A atual matriz elétrica Chinesa depende de combustíveis fósseis (carvão) e de padrões de desenvolvimento insustentáveis, não havendo uma solução imediata, apesar do governo chinês ter vindo a tomar ações para reduzir a poluição do ar, fechando fábricas com tecnologia ultrapassada, realocações de instalações, promovendo energias renováveis e regulando o número de viaturas nas estradas das cidades (Tanabe, 2013). Os Jogos Olímpicos em 2008 foram um excelente exemplo de que medidas a curto prazo podem ser implementadas com sucesso, apesar da consciência de que não são sustentáveis nem suficientes a longo prazo para assegurar a qualidade do ar. Outras medidas começaram a ser implementadas em 2009 e incluíam o uso de energia renovável, controlo de diversas fontes de emissão de COV e ações extraordinárias em condições meteorológicas extremas (Zhu *et al.*, 2012).

Em relação ao caráter transfronteiriço dos poluentes, tem sido difícil chegar a um consenso internacional sobre questões ambientais transfronteiriças nos últimos anos, de modo que o resultado da LRTAP na Europa é um dos sucessos raros. Na Ásia, as relações têm de ser analisadas de forma diferente, levando em conta os diferentes climas geopolíticos e de desenvolvimento (Tanabe, 2013). Uma futura Cooperação entre China e Japão está prevista, sendo que o Japão pode fornecer propostas políticas e medidas técnicas imediatas para redução das PM_{2.5}, devido à sua experiência nos anos 60 e 70 (Tanabe, 2013).

Dados:

População

1990 – 10,80 milhões
2000 – 13,56 milhões
2010 – 19,50 milhões
2014 – 21,50 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Área: 16 800 km²
- Megacidade rodeada por montanhas, encontra-se em terras baixas e planas, com elevação geralmente entre 40-60 metros acima do nível do mar.

Clima

- Clima: continental com temperatura média: - 5 – 26°C
- Clima bastante seco influenciado pela monção húmida continental, caracterizado por verões quentes e húmidos.
- O verão é quente e húmido com máximas que geralmente chegam a 30°C, e é quando coincide com a maior quantidade de precipitação
- Na Primavera tempestades de areia que sopram da Mongólia.

Poluição do ar local

- Em dezembro de 2015 o Governo chinês anunciou um “alerta vermelho” de poluição - o primeiro na história da capital do país mais poluente do mundo.
- O sistema de medição da poluição atmosférica da embaixada dos Estados Unidos registava 379 microgramas de PM_{2.5} por metro cúbico - quinze vezes superior ao nível máximo. Algumas zonas da cidade chegavam aos 400 microgramas de PM_{2.5}. Uma semana antes os níveis de poluição do ar em Pequim estavam a 40 vezes o máximo recomendado pela WHO – mais de 1000 microgramas de PM_{2.5} por metro cúbico de ar; contudo o Governo não decretou então o alerta vermelho para a capital ou em ocasiões semelhantes noutros meses.

Fontes de emissão

- Verificam-se tempestades de poeira que contribuem bastante para os elevados níveis de PM.
- Em 2014 as partículas finas eram provenientes (*Courrier internacional*, 2015) :
 - o 31.1% dos automóveis
 - o 22.4% combustível carvão
 - o 18.1% descargas industriais
 - o 14.3% emissões poeiras
- Os piores locais são estaleiros de obras e áreas onde circulam um elevado número de veículos (Zhu *et al.*, 2012).

4.1.15. Peshawar

A Organização Mundial de Saúde classificou Peshawar como a segunda cidade mais poluída em todo o mundo, pelo terceiro ano consecutivo, com uma média anual de partículas PM_{2.5} de 540 (2014) e 219 (2011), respetivamente (WHO, 2016).

A EPA declarou a capital da província como uma das cidades mais poluídas, enfrentando graves problemas ecológicos e crescentes problemas ambientais - urbanização, explosão populacional e exploração não-judiciosa dos recursos naturais - que também constituem uma ameaça em termos socioeconómicos.

A queima de biomassa tem sido associada a várias doenças. Um estudo feito entre setembro de 2003 a junho de 2004 teve como objetivo avaliar a relação entre a queima de biomassa e bronquite crônica em mulheres no meio rural de Peshawar. Três vilas em Peshawar rural foram selecionadas como "aldeias teste", onde se utiliza biomassa como combustível. As mulheres responsáveis por cozinhar nestas aldeias mostraram a prevalência de bronquite e os dados foram comparados com os obtidos a partir de três correspondentes de "aldeias de controlo" onde o gás de petróleo liquefeito foi usado como combustível. Os resultados indicaram que a bronquite crônica foi encontrada em 100 mulheres (7,01%) no grupo de teste e 33 mulheres (2,92%) no grupo controlo, podendo-se concluir que a bronquite crônica em mulheres que estão envolvidas em cozinhar está fortemente associada à exposição da queima de biomassa. De referir que a biomassa como combustível é composta principalmente por madeira, esterco animal e resíduos de culturas, e que cerca de 50% da população mundial e 90% das comunidades rurais nos países em desenvolvimento está a utilizar biomassa como uma fonte única cozinha (Akhtar *et al.*, 2007). Os resultados deste estudo indicam que o fornecimento inadequado de combustíveis limpos em áreas rurais contribui para problemas de saúde e perdas económicas da população.

A altura da camada de mistura, que acontecem em grande parte do Paquistão de dezembro a março, diminuem as inversões térmicas resultando em elevadas concentrações de poluentes, especialmente sob condições atmosféricas estáveis.

Dados:**População**

1981 – 1,1 milhões
1998 – 2,0 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Peshawar está situada perto do extremo leste da passagem de Khyber.
- No Vale de Peshawar são comuns as inundações nas áreas entre o Rio Cabul e Budni Nala.
- A cidade perdeu 1.100 hectares de terras agrícolas durante as duas décadas (1965-85).

Clima

- Peshawar apresenta um clima semi-árido, com verões muito quentes e invernos relativamente frios. Inverno começa em novembro e termina no final de março, enquanto os meses de verão são a partir de meados de maio a meados de setembro. A temperatura média do verão máxima ultrapassa 40 ° C durante o mês mais quente, e a temperatura mínima, média, durante o mês mais frio é de 4 ° C.
- Devido a perturbações ocidentais, a precipitação de inverno mostra um registro mais elevado entre os meses de fevereiro e abril. Peshawar não se situa na região de monção, ao contrário das outras partes do norte do Paquistão.

Poluição do ar local

- Atingem-se níveis de PM₁₀ de 553 ug/m³ e PM_{2.5} 185 ug/m³ (média anual) (WHO, 2016).

Fontes de emissão

- Emissões de veículos, emissões industriais, emissões das fábricas de fornos de tijolo.
- Queima maciça de resíduos sólidos, queimas domésticas, adulteração de combustíveis e utilização de veículos mal conservados.
- Área florestal da província diminuiu 10,5 por cento de 1991 a 2004-05.

4.1.16. Rio de Janeiro

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro agrega atualmente 19 municípios. O Programa MonitorAr-Rio possui uma rede de monitorização com oito estações fixas situadas em regiões que sofrem maior impacto da poluição atmosférica, a fim de possibilitar uma classificação geral da qualidade do ar no Município do Rio de Janeiro,. Cada região sofre influência de variáveis distintas que afetam tanto a emissão quanto a dispersão dos poluentes atmosféricos (MonitorAr, 2012).

O primeiro estudo visando o diagnóstico de qualidade do ar por uma rede de monitorização, promovido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente ocorreu em 1996. A Universidade Federal do Rio de Janeiro ficou encarregue do desenvolvimento do projeto, orientando as atividades de monitorização da qualidade do ar sob a responsabilidade da gestão municipal no

ano de 2000. A rede instalada na ocasião contava com quatro estações fixas automáticas e uma estação móvel.

A rede de monitorização da qualidade do ar e de meteorologia no Estado foi ampliada e modernizada em 2016 cumprindo assim um dos compromissos da agenda ambiental do projeto Rio Cidade Olímpica, assumido aquando a escolha do município como sede dos jogos de 2016. No total, somando-se às cinco estações que já existiam, o Estado do Rio de Janeiro conta atualmente com 21 estações de monitorização da qualidade do ar em operação. Note-se que qualquer pequena variação nos índices de poluição poderia comprometer os resultados dos competidores. O principal benefício das novas estações é que, ao medir continuamente a concentração de gases poluentes na atmosfera, como o ozono e o monóxido de carbono, são geradas informações que, enviadas em tempo real para o Centro de Controle Operacional do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), possibilitam a rápida promoção de ações para a melhoria das condições atmosféricas. A partir desses dados, medidas de controlo das fontes de emissão poluentes poderão ser tomadas, como, por exemplo, o desvio do tráfego de veículos ou a paralisação temporária de alguma atividade cujo potencial poluidor esteja a interferir na qualidade do ar. Com uma melhor cobertura de rede para a medição de qualidade do ar, é possível o estabelecimento de médias mais reais de concentrações dos poluentes no Estado, uma vez que as estações não estão restritas apenas aos locais onde os índices são muito altos – o que também inflacionava a média e o resultado das medições.

Milhares de pessoas no Rio de Janeiro morrem na sequência de complicações respiratórias ou cardíacas devido à poluição. Esta poluição no ar é, na sua maioria, causada pela emissão de gases de escape por parte dos cerca de 2,7 milhões de veículos que atravessam as estradas da cidade, de acordo com o Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

Os investigadores divulgaram um estudo com números sobre o impacto da poluição na saúde dos moradores das duas maiores cidades do país, Rio de Janeiro e São Paulo. Em seis anos, mais de 135 mil pessoas morreram por doenças provocadas pela má qualidade do ar, sendo que a poluição do ar mata 14 pessoas por dia no Estado do Rio de Janeiro. A área mais crítica é a Região Metropolitana (Globo, 2014).

Dados:

População

1991 – 12,8 milhões
2000 – 14,3 milhões
2010 – 15,9 milhões
2016 – 16,6 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- A Região Metropolitana do Rio de Janeiro abrange um total de 4.930 km².
- Ao norte, a Serra do Mar limita a Bacia da Baía de Guanabara e alcança altitudes de até 2 000 metros.
- O território do Município do Rio de Janeiro tem extensas áreas cobertas pela Mata Atlântica, elemento determinante do património natural da cidade (MonitorAr, 2012).

Clima

A cidade apresenta clima tropical, com uma estação chuvosa bem caracterizada durante o verão, e uma estação seca, com temperaturas amenas, durante o inverno. Temperatura média varia entre 18,4°C, durante o inverno e 30,2°C, durante o verão (MonitorAr, 2012).

Poluição do ar local

Os dados publicados mostram que no Rio de Janeiro o valor anual atinge 64 microgramas por metro cúbico de ar de partículas (sendo o limite 20 microgramas por metro cúbico). Das quase 1 100 cidades estudadas, o Rio está na 144ª posição entre as que mais emitem partículas poluentes para a atmosfera.

Fontes de emissão

Os principais destaques a nível metropolitano são (MonitorAr, 2012):

- o polo químico-farmacêutico
- o polo naval offshore,
- o polo petrolífero estadual,
- os transportes (entre 2001 e 2011, foram licenciados 1 394 966 novos veículos, o que corresponde à média anual de 126 815 novos)

4.1.17. São Paulo

A Região Metropolitana de São Paulo (MASP) é a área mais industrializada da América do Sul e é diferente de outras cidades devido a sua mistura pouco convencional de tipos de veículos. A frota consiste em aproximadamente 9,7 milhões de veículos que queimam uma variedade de misturas de gasolina, incluindo a gasolina oxigenada, etanol e biodiesel (Zhu *et al.*, 2012).

Os níveis elevados de poluição do ar na MASP constituem um problema de saúde importante na região. Estudos comprovam que a tendência da contribuição das megacidades do sudeste da América do Sul para os níveis de ozônio à superfície durante outubro 2007 foi superior a 30%, afetando grandes áreas a favor do vento (Zhu *et al.*, 2012).

A MASP tem desde 1981 um programa de acompanhamento sistemático da qualidade do ar. Os resultados destas medições das estações automáticas (40) e manuais (47) operam em todo o Estado de São Paulo. Há uma necessidade crescente de uma rede de monitorização integrada que, para além de abordar o cumprimento das normas relacionadas com a saúde, seja capaz de suportar a resolução dos processos responsáveis por esses impactes, bem como os impactes sobre a vegetação e clima. Isso exigirá um maior esforço de coordenação e planeamento e o uso integrado de ferramentas de modelação. Muitas vezes, os estudos de qualidade do ar nas cidades da América do Sul permanecem largamente isolados uns dos outros e a investigação científica não é suficientemente focada em políticas ambientais (Zhu *et al.*, 2012).

A caracterização de partículas na atmosfera de São Paulo começou no final dos anos 70, onde a primeira grande experiência foi realizada para caracterizar a composição das partículas em importantes cidades brasileiras, incluindo São Paulo (Zhu *et al.*, 2012). Contudo, a medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função da sua importância e dos recursos disponíveis para o seu acompanhamento (Zhu *et al.*, 2012).

Durante os anos 60 e 70, São Paulo cresceu muito rapidamente, criando uma enorme concentração da riqueza industrial, estradas e propriedade automóvel. As condições atmosféricas particulares da região, criam um fenómeno de forte inversão térmica durante o

inverno, agravando os problemas de poluição do ar e seus impactos sobre a saúde. Os padrões de qualidade do ar são frequentemente ultrapassados, principalmente em períodos desfavoráveis à dispersão de poluentes. A preocupação com a poluição do ar em São Paulo foi aumento pelo facto das observações terem revelado que o aumento significativo da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e crianças nos dois dias seguintes se relaciona com o aumento a poluição (Jacobi. *et al.*, 1999).

Para uma melhoria na qualidade do ar de São Paulo a longo prazo, são necessários investimentos substanciais nos transportes públicos. Não há respostas fáceis, sendo que a maior parte das experiências mostram a necessidade de implementação de medidas complementares (Jacobi. *et al.*, 1999).

Dados:

População

1991 – 15 milhões
2000 – 17 milhões
2010 – 18 milhões
2016 – 21 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- A Região Metropolitana de São Paulo está num vale delimitado por cadeias de montanhas no lado noroeste e para o sul e sudeste pela "Serra do Mar" (Zhu et al., 2012).
- É uma das maiores regiões urbanas do mundo, abrange uma área total de mais de 8000 km² e 19% desta área é altamente urbanizada.

Clima

- O clima de São Paulo é caracterizado por um inverno seco durante junho-agosto e um período húmido no Verão de dezembro-março. Os valores mínimos de temperatura mensal média-diária e humidade relativa ocorrem em julho e agosto (16 ° C e 74%, respetivamente), e o mínimo precipitação mensal-acumulada ocorre em agosto (35 mm) (Zhu et al., 2012).
- Efeitos combinados de geografia, localização e intensidade relativa do anticiclone semi-estacionário do Atlântico-Sul e sistemas de baixa pressão continental controlam a variação sazonal de ventos de superfície em São Paulo (Zhu et al., 2012).

Poluição do ar local

Como em outras áreas urbanas, os veículos na MASP contribuem significativamente para as emissões. De acordo com o inventário oficial de emissões, as fontes móveis são responsáveis por 97% de monóxido de carbono (CO) das emissões, 97% das emissões de hidrocarbonetos (HC), 96% de óxidos de azoto (NOx), 32% de óxidos de enxofre (SOx), e 40% de material particulado (Zhu et al., 2012).

Fontes de emissão

A frota de veículos é composta por aproximadamente 9,7 milhões de veículos que queimam uma variedade de misturas de gasolina, sendo os níveis elevados de poluição na MASP um problema grave de saúde na região.

4.1.18. Tóquio

Na década de 1950, a poluição do ar no Japão era resultado de fontes industriais associadas à rápida industrialização do país nessa altura. A medição das concentrações de poluentes atmosféricos e o desenvolvimento de estratégias para lidar com as emissões começaram a ser desenvolvidas nessa época. Desde os anos 1960 que o Japão tem vindo a tomar medidas para melhorar a qualidade do ar nas suas cidades, o que se reflete hoje numa boa qualidade do ar em Tóquio e noutras cidades do país. A maior parte da poluição que enfrenta vem do exterior, nomeadamente das fábricas chinesas. Prova disso são os níveis de poluição no inverno, quando o ar seco traz poluição ao longo dos mares quentes do Japão, causando chuva ácida e queda de neve no lado ocidental do país, onde a poluição é pior (Miyamoto, 1997).

Na década de 1960, o Japão tornou-se conhecido pelas doenças relacionadas com a poluição, tais como a asma *Yokkaichi*, doença de Minamata (mercúrio) e *Itai-Itai* (cádmio). Por estas razões na década seguinte foram aprovadas 14 leis para ajudar na redução da poluição, resultando numa melhoria na qualidade do ar muito significativa (Miyamoto, 1997).

O grande feito do Japão foi o facto ter conseguido igualar o crescimento económico e a industrialização com a proteção do ambiente. Primeiro, porque movimentos de cidadãos e protestos cresceram e tiveram repercussão política; segundo, porque episódios como a Doença de Minamata, como já foi referido, criaram uma necessidade imediata de tomada de medidas e consciencialização. Apesar da qualidade do ar ser melhor do que nos anos 60, durante o inverno a poluição do ar no Japão é particularmente má, não só devido aos veículos e fábricas no Japão, mas também de poluição derivada da China e Sibéria. Como consequência, o Japão tem menos precipitação na forma de neve e maior precipitação ácida (Kamisako *et al.*, 2008). Se a China não começar a reduzir as suas emissões atmosféricas, a poluição do ar do Japão tornar-se-á pior no futuro, tendo uma enorme repercussão nas florestas ocidentais japonesas (Kamisako *et al.*, 2008).

De acordo com Governo Metropolitano de Tóquio (TMG), Tóquio é confrontado com duas grandes crises ambientais: a ameaça de danos à saúde causada pela poluição do ar agravada com o aumento do número de veículos na estrada e a quantidade de produtos químicos libertados para a atmosfera; a outra crise está associada ao efeito de ilha de calor nas áreas urbanas causadas pelo enorme consumo de energia e aquecimento devido ao aumento de CO₂ no ar (Wong, 2006).

De igual modo, as concentrações de SO_x, NO_x e O₃ estão a aumentar e a causar sérios problemas na poluição do ar. Alguns poluentes passam fronteiras causando problemas sazonais noutros países, sendo que, tal como referido anteriormente, vários estudos indicam que em 1999, 62% do SO_x observado no Japão tinha origem na China e Coreia (Murano, 2001). Há episódios onde há a necessidade de cancelar voos e a visibilidade é severamente reduzida por nuvens de areia, obrigando as autoridades a alertarem os moradores para o uso de máscaras e evitarem sair à rua. Também tempestades de areia vindas da China e Mongólia são sentidas em Tóquio já como reflexo das alterações climáticas e atraso nas chuvas.

Através de uma variedade de regulamentos e leis impostas, os países têm vindo a tomar medidas sérias para tentar reduzir o problema da deposição ácida. No entanto, o Japão, devido à falta de coordenação entre os países da região, continua a não conseguir ultrapassar a situação sozinho.

Para além da China, também a Índia, Coreia do Sul e o próprio Japão continuam a emitir SO₂ e NO_x para a atmosfera, o que prova que o problema da chuva ácida é um reflexo do desenvolvimento da Ásia, causando elevadas emissões atmosféricas e tornando urgente o combate a problemas ambientais que afetam a saúde humana (The Washington Quarterly, 1994).

Dados:

População

1990 – 11,7 milhões
2000 – 12,6 milhões
2011 – 13,1 milhões
2014 – 13,5 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

- Tóquio está localizada na parte sudeste do centro do Japão (Tokyo Metropolitan Government).
- A parte continental encontra-se a noroeste de Baía de Tóquio. A altitude média em Tóquio é de 40 m. Faz fronteira com as cidades de Chiba Yamanashi, Kanagawa, e Saitama. regiões montanhosas de oeste.
Dentro dos limites administrativos da metrópole de Tóquio existem duas cadeias de ilhas no Oceano Pacífico a sul: as Ilhas Izu e as Ilhas Ogasawara.

Clima

- Desde o final da primavera até meados do verão, um padrão de circulação de brisa é impulsionado pelo aquecimento e arrefecimento diurno e noturno.
- No inverno, ventos de noroeste associados a um sistema de alta pressão Siberiana afetam as ilhas japonesas. Como resultado, o ar é transportado, principalmente a partir de noroeste, ao longo da parte norte do Kanto Plain e, em seguida, para a metrópole de Tóquio (Zhu et al., 2012).

Poluição do ar local

Problemas com enxofre e partículas de origem industrial, emissões de combustível fóssil de veículos com emissão de NO_x e PM por veículos a gasóleo – todos problemas têm vindo a ser resolvidos com sucesso.

Fontes de emissão

- Durante a primavera, outro fenómeno transporta poluição para o Japão - incêndios florestais na Sibéria e eventos Kosa (tempestades de areia dos desertos do norte da China).
- Deve-se registar o efeito de poluição industrial transfronteiriça.
- Kannari (2007) desenvolveu um inventário de emissões, chamado EAGrid, que estimou emissões de hora em hora durante todo o Japão com uma resolução horizontal de cerca de 1 km para cada mês em 2000. Ao longo da área de Kanto, os veículos automóveis foram responsáveis por 80%, 52%, 43%, 17%, e 5% de emissões de monóxido de carbono (CO), partículas com um diâmetro inferior a 2,5 µm (PM_{2,5}), óxidos de azoto (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV) e dióxido de enxofre (SO₂), respetivamente.

4.1.19. Xangai

Como uma das primeiras regiões da China a iniciar uma economia de mercado, Xangai tem tido um rápido crescimento económico desde os anos 1980, com um aumento do consumo de energia e um aumento dramático das emissões de poluentes do ar, com uma consequente deterioração da qualidade do ar (Zhu *et al.*, 2012). Além disso, o aumento de veículos também tem desempenhado um papel significativo na diminuição da qualidade do ar em Xangai.

O PIB de Xangai tem aumentado significativamente desde o início do século XXI. De 2003 a 2007, o número de veículos aumentou dramaticamente com o grande crescimento da economia nas últimas décadas, o que resultou num aumento das emissões de NOx. O elevado nível de ozono durante o verão, a pouca visibilidade e a elevada frequência de chuva ácida, são eventos que resultam quase todos de poluentes secundários (Chen *et al.*, 2009).

Os níveis elevados de ozono são sempre acompanhados por elevadas concentrações de partículas finas. Neste contexto, o nível de ozono não é a única causa de efeitos adversos na saúde pública e ecossistemas (Chen *et al.*, 2009). Consequentemente, os níveis elevados de ozono durante o verão tem sido um dos problemas complexos para a melhoria futura da qualidade do ar em Xangai. Desde o ano de 2000, o Governo Municipal de Xangai levou a cabo uma série de medidas de controlo da poluição do ar para melhorar a qualidade do ar.

Dados:

População

1980 – 11,9 milhões
1990 – 13,3 milhões
2000 – 16,4 milhões
2011 – 23,0 milhões
Fonte: City Population (2016)

Topografia

Xangai é uma megacidade costeira no sudeste da China envolvida por uma bacia hidrográfica: o Mar do Leste fica a leste, o rio Yangtze fica ao norte, a Baía de Hangzhou para o sul e as províncias de Jiangsu e Zhejiang fazem fronteira para oeste (Zhu *et al.*, 2012).

Clima

- Shanghai tem um clima de monção subtropical com muita chuva (Zhu *et al.*, 2012).
- A localização geográfica e as condições climáticas de Shanghai favorecem a dispersão de poluentes atmosféricos.

Poluição do ar local

Fontes de emissão

- Centrais de produção de energia elétrica, indústrias e emissões veiculares são as principais fontes de poluentes do ar.
- Contribuição das emissões de veículos para as emissões de NO_x é muito maior em áreas urbanas do que na área rural. Para além destas fontes de poluição, as poeiras são uma das mais importantes fontes de PM₁₀.

Em 2007 as emissões de:

- o NO_x (veículos 40,8 %)
- o SO₂ (centrais 46%, indústria 27% e fornos industriais 10%)
- o PM₁₀ (estradas 44%)

4.1.20. Zabol

Nos últimos anos, os episódios de partículas na parte ocidental do Irão têm aumentado em frequência e densidade – em certas ocasiões conduziu as pessoas a graves problemas respiratórios, exigindo cuidados hospitalares. Esta poluição acredita-se ser o resultado de poeira que resulta da circulação atmosférica originada a oeste do Irão. Alguns culpam a desertificação das lagoas no Iraque e os ventos fortes dos desertos da Arábia Saudita, como sendo a origem da poeira que atinge cidades iranianas (Vidal, 2016).

Zabol é uma cidade iraniana oriental, na fronteira com o Afeganistão, negligenciada e assolada pela pobreza e poluição, onde todos os verões as temperaturas sobem a níveis surpreendentes de 40 °C ou superior. Zabol é atingida por aquilo que é conhecido localmente como "120 dias de vento" - tempestades de poeira implacáveis de norte a sul. Mas o desaparecimento, no início dos anos 2000, de uma zona húmida nas proximidades, o Lago Hamoun, agravou a situação de uma forma sem precedentes. Durante muitos séculos, o pantanal foi crucial para o desenvolvimento da área, servindo como amenizador natural do clima. Agora secou e tornou-se uma importante fonte de poeira do ar (Vidal, 2016).

Numa entrevista ao jornal *The Guardian*, Mohsen Soleymani, o diretor do projeto nacional para a preservação das zonas húmidas iranianas, disse que a poluição em Zabol é diferente daquela experimentada em Teerão ou Pequim, mais ligadas à indústria. A situação crítica em Zabol está associada aos 120 dias de período de vento e tem piorado a cada ano com as tempestades de poeira, sendo a seca do Lago Hamoun a principal razão por trás deste nível de poluição, associada a uma má gestão dos recursos hídricos no passado (Vidal 2016).

O governador de Zabol anunciou que a elevada concentração de partículas de poeira no ar é o principal fator no crescente número de casos de tuberculose. O relatório acrescenta que 17 000 pessoas no Irão atualmente sofrem de tuberculose (Radio Zameh, 2014). De acordo com um relatório publicado pelo diário iraniano *Shargh*, mais de 500 pessoas são diagnosticadas com tuberculose em Zabol a cada ano devido à poluição por poeiras, uma taxa de incomum no país (Vidal, 2016).

Em resposta a um recente relatório divulgado pela Organização Mundial de Saúde que classificou Zabol como a terceira cidade mais poluída do mundo relativamente a PM_{2,5}, o vice-diretor do Departamento de Ambiente do Irão considerou os dados do relatório desatualizados (relativos a 2012). No entanto, afirmou que em Zabol a estação de monitorização no solo foi instalada pela primeira vez em 2014 e neste contexto, afigura-se que o relatório da WHO é baseado em modelos de projeção que só são confiáveis como modelo. Porém, o Irão continua a desenvolver infraestruturas sem uma verdadeira preocupação com as consequências ambientais de longo prazo dos seus planos de desenvolvimento. A poluição do ar, tempestades de areia, a

seca de lagos e rios, o declínio nos níveis de águas subterrâneas, aluimento de terras, desmatamento e desertificação estão na lista de consequências ambientais causadas por um desenvolvimento insustentável (Vidal, 2016).

Dados:

População

1979 – 179 362
2006 – 263 100
2016 – 309 200
Fonte: City Population

Topografia

- Localizada perto do Lago Hamoun, a região é irrigada pelo rio Hirmand. O Lake Hamoun é um lago sazonal que é muitas vezes seco.
- Cidade ligada por estrada a Zaranj, na fronteira com o Afeganistão, Zabol fornece assim o acesso Afeganistão para o Mar Árábico e Golfo Pérsico através do Porto de Chabahar.

Clima

- O clima em Zabol é designado por clima desértico. Não existe virtualmente nenhuma pluviosidade ao longo do ano. A temperatura média anual em Zabol é 21,6 °C. Pluviosidade média anual de 56 mm.
- A área Zabol é bem conhecida pelos "120 dias de vento", uma tempestade de poeira altamente persistente no verão que sopra de norte a sul.

Poluição do ar local

O nível de poluição do ar em Zabol, que tem uma enorme quantidade de poeira associada às fortes secas que afetam a região, sendo 20 vezes superior ao aceitável pela OMS.

Fontes de emissão

Os episódios de tempestades de poeira são a principal causa dos elevados níveis de PM_{2,5}

4.2. Estudo e avaliação das principais políticas e medidas tomadas nas megacidades para redução da poluição atmosférica

Neste subcapítulo serão apresentadas as políticas e medidas que as várias cidades têm tomado relativamente à poluição atmosférica nos diferentes setores – transporte, indústria, energia, agricultura, residencial e outras estratégias. O objetivo desta análise foca-se nestes setores que contribuem com maiores emissões de poluentes, a fim de identificar quais as cidades com melhores estratégias de prevenção de poluição, a curto-longo prazo e tanto para países desenvolvidos como em desenvolvimento.

4.2.1. Transportes

O sector dos transportes continua a ser uma importante fonte de poluentes do ar apesar das muitas políticas e avanços tecnológicos. Os transportes são responsáveis por cerca de metade das emissões de NO_x (56 Mt em 2015 em termos globais) e são uma importante fonte primária de partículas (representando cerca de 10% do PM_{2,5} primário total) (IEA, 2016). Em todo o mundo a atividade de transporte rodoviário cresceu um quarto durante a última década, mas as

emissões de NOx e de partículas cresceu 5% e caiu 6%, respetivamente (IEA, 2012). Na Tabela 4 são descritas as principais medidas e políticas tomadas relativamente aos transportes.

Tabela 4 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente aos transportes, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000).

Medidas	Descrição	Cidades que adotaram
1-Transporte Público	<ul style="list-style-type: none"> • Metro - novas linhas • Autocarros elétricos ou a gás natural • Comboio • Metrobus, ou <i>Bus Rapid Transit</i> - criação de novas linhas 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, Peshawar, Zabol, Mazar-e Sharif, Agra, Xangai, São Paulo, Rio de Janeiro, Bombaim, Jakarta, Buenos Aires.
2- Catalisadores / conversor catalítico	<ul style="list-style-type: none"> • Incluindo oxigenação de gasolina para melhorar a combustão e filtros de partículas para veículos a gasóleo 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Londres, Xangai, Pequim, Tóquio
3- Transporte não motorizado	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclovias • Incentivos ao uso de bicicletas 	Los Angeles, Tóquio, Cidade do México, Rio de Janeiro, Buenos Aires, Nova Iorque, Pequim
4- Gestão do Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de Baixa Emissão • Melhorias Movimento de mercadorias, • Melhoria de infraestruturas 	Londres, Peshawar, Mazar-e Sharif, Cidade do México, Los Angeles, Agra
5- Inspeção periódica de veículos	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamentação de gases: hidrocarbonetos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxigénio e óxido de azoto 	Cidade do México, Cairo, Peshawar, Zabol, Agra, São Paulo, Rio de Janeiro, Buenos Aires, Londres
6- Remoção de enxofre e chumbo	<ul style="list-style-type: none"> • Oferta de gasolina sem chumbo • Redução de teor de enxofre no gasóleo 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, Onitsha, Peshawar, Mazar-e Sharif, Agra, Bhopal, São Paulo, Londres, Jakarta, Nova Iorque
7- Combustíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Biocombustíveis • Programa de recuperação de vapor nas estações de serviço • Melhorar eficiência dos combustíveis. • Redução das emissões de camiões e outros veículos automóveis 	Índia, Indonésia, Brasil, Nova Deli, Pequim, Cairo, Peshawar, Mazar-e Sharif, São Paulo, Bombaim, Rio de Janeiro, Buenos Aires, Nova Iorque
8- Frota de Táxis	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição e modernização; • Uso de gás natural 	Cidade do México, Nova Deli, Londres, Cairo, Bombaim
9- Programa de Abate	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivo ao abate automóvel 	Pequim, Xangai, Agra, Cidade do México
10- Normas de controlo	<ul style="list-style-type: none"> • Euro VI - Cidade do México, Nova Deli, Londres; • EURO V- São Paulo e Rio de Janeiro. • EURO IV - Pequim, Xangai, Zabol, Buenos Aires; • Euro II e III - Cairo, Zabol (camiões), Mazar-e Sharif, Agra; • EURO- II – Jakarta • CARB - Los Angeles, Londres; • TIER- Tóquio 	

Tabela 4 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente aos transportes, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000) (continuação).

Medidas	Descrição	Cidades que adotaram
11- Instrumentos Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Portagens nas pontes; • Taxas de congestionamento - Taxa que requer um pagamento ao entrar em uma área geográfica definida • Deduções e isenções fiscais 	Pequim, Tóquio, Londres, Rio de Janeiro, Jakarta
12- Restrição à importação de carros usados	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os veículos importados devem respeitar as condições de projeto de estradas e padrão de condução 	Pequim, Tóquio, Xangai, Cairo, Onitsha, Peshawar, Zabol, Cidade do México, Buenos Aires, Nova Iorque, Mazar-e Sharif
13-Carros Elétricos	<ul style="list-style-type: none"> • Autocarros elétricos - esforços para ampliar e melhorar este serviço com a finalidade de dissuadir o uso de carros particulares, • Incentivos fiscais aos veículos ecológicos 	Pequim, Cidade do México, Tóquio, Xangai, São Paulo, Jakarta

O objetivo das medidas referidas na Tabela 4 é reduzir e controlar a poluição em áreas urbanas, nomeadamente o NO_x, CO, COV, O₃, SO₂ e PM, pois a sua redução trará benefícios, sobretudo, para a saúde humana e também para os ecossistemas.

As medidas aplicadas no setor dos transportes são de relativamente fácil implementação e rapidamente surtem efeitos nas medições dos vários poluentes. Por essa razão, as primeiras medidas que os governos tomam tendem a direcionar-se para este setor. De referir que a aceitabilidade das várias medidas pela sociedade foi de modo geral positiva, o que contribui para o seu sucesso.

Contudo é importante salientar que por vezes as medidas não são compreendidas pela sociedade civil e, portanto, é necessário investir na informação da necessidade das medidas adotadas.

De uma forma ou outra, todas as medidas mencionadas estão a ter sucesso nas cidades em que são implementadas, destacando-se, no entanto, algumas cidades:

Transportes públicos

- ✓ Cidade do México - a aposta em autocarros elétricos e novas rotas permitiu, para além das melhorias nas concentrações de CO e NO_x, melhorias significativas na redução de emissões de CO₂ (cerca de 62% de redução total de emissões), o que ajudou em muito a contribuir para superar as metas relativas às alterações climáticas (C40, 2012).
- ✓ Los Angeles – a expansão do metro, com abertura de novas linhas e o *Rapid Transit Bus* tiveram bastante êxito. As concentrações de O₃, PM_{2.5} e CO diminuíram desde os anos 80, de tal forma que se encontram em conformidade com os valores-limite da EPA. Previsões futuras: Extensões da rede de metro e ferroviária até ao aeroporto e Universidade da Califórnia (conclusão em 2024) a tempo dos Jogos Olímpicos, a realizarem-se na cidade.
- ✓ Nova Deli – Primeira rota do *Rapid Transit Bus*, em 2008 para os Jogos *Commonwealth* de 2010 realizados na cidade, mostraram que apesar do projeto ter tido uma rápida implementação, foi criticado pelas dificuldades de acesso às plataformas que estavam no meio das estradas. Previsões futuras: prevê-se melhorias do sistema, e espera-se

que até 2020 sejam abrangidos mais 26 corredores e 310 quilómetros para fazer face ao aumento de utilizadores que em 2012 registaram um aumento de 32% (Dimts, 2016).

- ✓ Xangai - em maio de 2015 um sistema de *Rapid Transit Metro* e novas linhas (14 e outras em construção) tornaram o sistema de metro da cidade o mais longo do mundo com 548 quilómetros.
- ✓ Londres - aposta no metro-bus e sistema de tráfego com novas linhas. Previsões Futuras: previstos 200 quilómetros de novas rotas de autocarros elétricos.

Catalisadores / conversor catalítico

- ✓ Cidade do México, Londres, Tóquio – destacam-se pela implementação de catalisadores desde os anos 80 em todos os veículos automóveis.

Transporte não motorizado

- ✓ Tóquio – cerca de 16% da população usa bicicletas; por essa razão o aumento do número de ciclovias acompanha a tendência.
- ✓ Los Angeles e Rio de Janeiro – criação de ciclovias tanto dentro da cidade como em parques.

Gestão do Tráfego

- ✓ Agra – proibição de circulação a todos os veículos comerciais dentro de um raio de 500 metros do Taj Mahal, chamada de Zona Taj Trapezium. Em 2011, com um fundo do governo, foi criado um projeto de proteção dos 10 400 km² nos arredores do Taj Mahal.
- ✓ Londres – Criação da *Ultra Low Emission Zone* (ULEZ) que proíbe os veículos mais poluentes de circularem. Perspetivas futuras: Carros alugados - *Private Hire Vehicle* (PHVs) que terão de cumprir regras EURO VI.

Inspeção periódica / Verificação das emissões dos veículos

- ✓ Cairo – Programa *Big Cairo Bus Company* foi implementado em 3373 autocarros em 2011, e em 2012 os resultados da inspeção dos carros mostrou que 41% dos veículos passaram no teste e 36% chumbaram.

Combustíveis

- ✓ Cairo – governo encorajou setor privado a comercializar veículos a gás natural, existindo cerca de 110 000 veículos, 119 postos de abastecimento e 75% dos táxis também são abrangidos. Chave do sucesso deve-se aos incentivos financeiros oferecidos pelo governo, que incluíam isenção fiscal para empresas, taxas de conversão de baixo custo para proprietários de automóveis e preços atraentes de gás natural.
- ✓ Peshawar – devido a um grande incentivo oferecido pelo governo, cerca de 1.52 milhões de veículos a gasolina têm sido convertidos para gás natural.
- ✓ São Paulo – Declínio das concentrações dos poluentes CO, NOx, PM₁₀ e SO₂ devido ao Programa de Controlo de Emissões Veicular (PROCONVE) desde 1979, que consiste em novas e importantes mudanças na composição dos combustíveis dos veículos ligeiros (Zhu *et. al.*, 2012).

Frota de Táxis

- ✓ Londres – Perspetivas futuras: táxis terão de ser *Zero Emissions Capable Taxis* (ZEC), isto é, os táxis devem ser capazes de percorrer determinada distância sem produzir quaisquer poluentes atmosféricas. Restrições incentivam a modernização e substituição de combustível.

Normas de controlo

- ✓ Cidade do México - proibição progressiva de circulação veículos pesados de mercadorias que não cumprem normas de emissão, entre 2007 e 2012 (Clean Air, 2016).
- ✓ Pequim – primeira cidade Chinesa a adotar as normas EURO IV, em março de 2008, para além dos veículos EURO I que foram banidos de circulação em outubro de 2009 (Zhu *et. al.*, 2012). Previsões futuras: Pequim pretende implementar em 2017 as normas EURO V.
- ✓ Xangai – Euro II em 2003; EURO III em 2006, EURO IV em 2009 (Zhu *et. al.*, 2012).

Carros Elétricos

- ✓ Em 2015 a China teve um aumento para mais do triplo de carros elétricos em relação a 2014, tornando-se as cidades de Pequim e Xangai nos maiores mercados de carros elétricos – 170 000 carros em 2015 (IEA, 2016). Previsões futuras: Pequim pretende em 2020 ter 1 milhão de carros elétricos no mercado.

4.2.2. Indústria

A indústria é uma categoria heterogénea que inclui as emissões da combustão de petróleo, queima de carvão em centrais de produção de energia elétrica e emissões provenientes de diferentes tipos de indústrias (petroquímica, metalúrgica, cerâmica, farmacêutica, etc.) (Belis *et al.*, 2013). Em 2013, o consumo de energia pela indústria cresceu 2,3%, com 62% de crescimento a acontecer na China e Índia. O uso de energia na indústria nos países da OCDE cresceu 3,3%; o crescimento em África foi de 1,2%; no Oriente Leste diminuiu 1,9% e na América Latina diminuiu 0,1% (IEA, 2016). A Tabela 5 faz uma descrição das principais medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da indústria.

Tabela 5 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da indústria, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012 ; IEA, 2012; UNEP, 2015 ; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2015).

MEDIDAS	Descrição	Cidades que adotaram
1- Controlo do uso de carvão	<ul style="list-style-type: none"> • Metas de controlo do consumo • Encerramento de centrais a carvão • Não permitir novas centrais 	Agra, Pequim, Xangai, São Paulo
2 – Substituição do carvão	<ul style="list-style-type: none"> • Por gásóleo • Por fuel-óleo • Por gás natural 	Agra, Cairo, Pequim, Xangai
3 - Incentivos tecnologias limpas e inovadoras	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos à produção e instalação de tecnologias de prevenção • Equipamentos de controlo e prevenção • Formação • Deduções fiscais 	Los Angeles, Nova Iorque, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, Jakarta,
4- Normas de regulamentação das emissões	<ul style="list-style-type: none"> • Fontes fixas • Fontes móveis • Aplicação de valores-guia e valores-limite 	Cidade do México, Bhopal, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, São Paulo, Rio de Janeiro, Jakarta, Buenos Aires
5- Regulamentação para pequenas instalações	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamentação municipal de prevenção e controle 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Agra, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, Onitsha, São Paulo, Rio de Janeiro, Buenos Aires

Tabela 5 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da indústria, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012 ; IEA, 2012; UNEP, 2015 ; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2015) (continuação).

MEDIDAS	Descrição	Cidades que adotaram
6- Promoção ao investimento em energias renováveis	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos fiscais 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Nova Deli, Tóquio, Pequim, Xangai, Onitsha, Peshawar, Zabol, São Paulo, Rio de Janeiro, Jakarta, Buenos Aires
7 – Programa de certificação e desempenho	<ul style="list-style-type: none"> • Voluntário • Promove certificação energética • Subsídios • Incentivos 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, São Paulo, Rio de Janeiro, Jakarta, Buenos Aires
8- Ações para garantir a conformidade com os regulamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Justiça ambiental • Planeamento e resultados • Monitorização, fiscalização, inspeção, assistência ao cumprimento de auditorias • Multas e taxas de emissão 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, Zabol, São Paulo, Rio de Janeiro
9 – Encerramento de indústrias mais poluidoras	<ul style="list-style-type: none"> • Refinarias • Fábricas de tijolos 	Cidade do México, Agra,
10- Regulamentação de poluentes tóxicos de fontes industriais	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de poluentes tóxicos 	Los Angeles, Nova Iorque, Londres,
11- Melhorias nas práticas para construção e demolição	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das emissões de construção e demolição 	Londres
12- Taxa de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Para mitigação das alterações climáticas • Aplicada ao consumo de petróleo e carvão • Alterações climáticas - Regime voluntário que permite aos participantes pagar reduzidas taxas em troca de eficiência energética ou metas de redução de emissões carbono. 	Londres

Ao contrário dos transportes, onde as emissões são feitas junto ao solo, as emissões industriais também podem ser feitas a partir de chaminés, permitindo uma maior dispersão por comparação com as emissões de tubos de escape ao nível do solo.

As medidas aplicadas no setor industrial têm sempre alguma dificuldade de implementação, apesar de rapidamente surtirem efeito, tal como nos transportes. Contudo, a competitividade industrial impede que muitas medidas sejam adotadas e por essa razão as indústrias, apesar de serem as grandes poluidoras, são as que menos pagam para limpar a poluição que fazem.

Contudo é de referir que as empresas ao terem de cumprir certos requisitos legislativos relativos à proteção do ambiente e poluição produzida, já é possível garantir um maior controlo de

emissões industriais e garantir o cumprimento de normas, nomeadamente em países em desenvolvimento.

O sucesso das medidas da Tabela 5 destacam-se nas seguintes cidades:

Controlo e substituição do carvão

- ✓ Pequim e Xangai – Em 2015 a China reduziu o seu consumo de carvão, mesmo sendo o maior poluidor do mundo, em cerca de 2,9%, embora continue a ser a sua principal fonte de energia. O governo ordenou o fecho de mais mil minas de carvão, mas o ganho presente deve-se sobretudo à desaceleração da indústria e construção civil (Green Savers, 2015).
- ✓ São Paulo – projeto PROCONVE com medidas para controlar emissões industriais, no final dos anos 80, com caldeiras de combustível transferidas para energia elétrica ou gás natural (Zhu *et.al.*, 2012).

Promoção e investimento em energias renováveis

- ✓ Pequim e Xangai – Em 2009 o investimento em energia eólica e solar ultrapassou o dos Estados Unidos. Previsões Futuras: No 13º Plano Quinquenal (entre 2016 e 2020) a China pretende limitar o uso de energia primária, fazendo transição energética do carvão para as energias renováveis, aplicável à indústria e ao fornecimento de energia.

Normas de regulamentação das emissões

- ✓ Buenos Aires – para além do controlo de poluição do ar sobre fontes móveis (veículos), o Programa Céu Azul promove o controlo de poluição do ar sobre a atividade industrial e política energética.
- ✓ Xangai – A melhoria, controlo e prevenção de poluição feita em parques industriais fizeram diminuir as emissões de SO₂ e PM₁₀ na cidade (Zhu *et.al.*, 2012).
- ✓ Cidade do México e Tóquio - nos anos 80 foram exemplo de gestão ambiental, cujos planos vigoraram com aceitação social e resultados importantes até aos dias de hoje. Iniciativas inseridas nas agendas políticas, modificando os seus cenários de cidades mais poluídas do mundo, com legislação ambiental própria, fiscalização e monitorização, afastando as indústrias dos centros da cidade.

Encerramento de indústrias poluidoras

- ✓ Cidade do México - A monitorização automática de qualidade do ar desde 1980 revelava elevadas concentrações dos poluentes: Pb, Co, PM, NO, SO₂ e O₃ e por esta razão desde os anos oitenta o governo e os cidadãos têm reconhecido que a poluição do ar é uma preocupação ambiental e social, tendo havido pressão sobre as indústrias mais poluidoras (Molina *et al.*, 2009).
- ✓ China e Índia – Os Jogos Olímpicos em Pequim e os Jogos Commonwealth em Nova Deli foram os grandes impulsionadores do fecho de determinadas indústrias, ainda que muitas tenham sido apenas temporariamente encerradas; porém, são estes eventos que impulsionam e mostram que é possível fazer mudanças a nível industrial sem comprometer a saúde, ecossistemas e a própria economia.

4.2.3. Energia

A produção de energia e o seu uso também é responsável por uma percentagem muito elevada de emissões relacionadas com alguns poluentes-chave. A produção e uso de energia mal regulada ou combustíveis de ineficiente combustão são das mais importantes fontes antropogénicas de emissões de poluentes atmosféricos: 85% de partículas em suspensão e de quase todos os óxidos de enxofre e óxidos de azoto. Estes três poluentes são responsáveis pelos impactos mais comuns de poluição do ar, quer diretamente ou, uma vez transformados em outros poluentes, por meio de reações químicas na atmosfera (IEA, 2016). A Tabela 6 descreve medidas aplicadas no setor de produção de energia elétrica,

Tabela 6 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da energia, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012 ; IEA, 2012; UNEP, 2015 ; Pakistan Government, 2016).

MEDIDAS	Descrição	Cidades que adotaram
1 – Uso de energias renováveis	<ul style="list-style-type: none">Eólica, hidroelétrica, geotérmicaAssociadas a outras fontes de energia	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Xangai, Pequim, Cairo, Zabol, São Paulo, Rio de Janeiro, Peshawar
2 -Programa de Redução de Emissões	<ul style="list-style-type: none">Objetivos e metas até 2020; 2050Transição para baixo carbono	Cidade do México, Nova Iorque, Londres, Tóquio
3- Estratégias Nacionais de transição para uso de energias renováveis	<ul style="list-style-type: none">Face aos objetivos, criar ferramentas de implementação de energias renováveis nos vários sectores de energia, inclusive a geração particular.	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Xangai, Pequim,
4- Investimento em infraestruturas	<ul style="list-style-type: none">Menos poluentesAdaptadas as novas tecnologias e energias renováveis	Cidade do México, Onitsha
5- Substituição do uso de carvão e petróleo	<ul style="list-style-type: none">Por gás naturalMetas para controlo do consumo de carvãoFecho de centrais térmicas a carvão	Nova Deli, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, Rio de Janeiro, Buenos Aires

Com o objetivo de reduzir a dependência do país em combustíveis fósseis que se focam especialmente no uso de energias renováveis em substituição, sobretudo, do carvão. Destacam-se as seguintes cidades:

Uso de energias renováveis

- ✓ Los Angeles – em 2005 as energias renováveis representavam apenas 5% do fornecimento de energia. Em 2010 aumentou para 20% graças ao investimento em equipamentos pessoais, sobretudo de energia solar. Cerca 2,5 milhões de casas na Califórnia têm painéis solares, graças à diminuição dos preços dos painéis solares (preços diminuíram cerca de 80%). Perspetivas futuras: até 2020 as energias renováveis, hoje em 23%, deverão representar 33% da energia produzida no Estado (Lesnes, 2015).
- ✓ Rio de Janeiro e São Paulo - em 2011 quase 90% da energia elétrica brasileira foi gerada através de fontes renováveis.
- ✓ Pequim e Xangai – em 2014 o país investiu 90 mil milhões de dólares em energias renováveis, tendo a maior potência em energia eólica do mundo, com as empresas

chinesas a acompanharem esta tendência, sendo no momento das mais rentáveis à escala global (Clifford, 2015).

Estratégias Nacionais de transição de uso de energias Renováveis

- ✓ Nova Deli – em 2010 para os Jogos Commonwealth, centrais de energia começaram a lentamente a substituir o carvão por gás natural. Contudo, as energias renováveis representam apenas 2%, nuclear 1%, carvão 44% e petróleo 23%.

Investimento em infraestruturas

- ✓ Perspetivas futuras: Cidade do México pretende modernizar centrais elétricas; Cairo pretende em 2017 instalar diversas centrais nucleares de 1000 MW.

4.2.4. Agricultura

A combustão a céu aberto de restos de madeira e resíduos representa um sério problema para o ambiente. Muitos problemas resultam de procedimentos errados que vêm depois a causar problemas não apenas a nível local, mas em muitos casos a nível regional. A Tabela 7 descreve as principais medidas aplicadas no setor da agricultura.

Tabela 7 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente ao setor da agricultura, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000).

MEDIDAS	Descrição	Cidades que adotaram
1- Enquadramento jurídico	<ul style="list-style-type: none"> Proibir queima e incineração de biomassa a céu aberto 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Jakarta, Buenos Aires
2- Ações de prevenção de queima de lixeiras a céu aberto	<ul style="list-style-type: none"> Resíduos urbanos e resíduos agrícolas Créditos para reciclar ou reprocessar resíduos sólidos Autorização de queima 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Iorque, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, São Paulo, Rio de Janeiro, Jakarta
3- Regras e regulamentação	<ul style="list-style-type: none"> Multas e penalizações 	Los Angeles, Nova Iorque, Tóquio, Pequim
4- Controlo da queima de resíduos agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> Restrições na queima em dias de queimas permissivas ou sob determinados critérios meteorológicos 	Pequim, Nova Deli

A queima de resíduos agrícolas é uma fonte importante de poluição nos grandes centros urbanos e uma prática comum, sobretudo em países em desenvolvimento onde a gestão de resíduos não é desejável. A Tabela 7 descreve medidas aplicadas no setor da agricultura, a fim de prevenir e controlar as queimas de resíduos urbanos:

Enquadramento jurídico

- ✓ Pequim – A cidade gera 18,4 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, sendo a incineração ao ar livre um grande risco para a saúde humana (Xianghe, 2013).

Pequim tem regulamentação aplicável, tendo emitido em 2008 mais de quatro mil multas pela realização de queimas de resíduos não autorizada (Geraldes, 2008).

- ✓ Cidade do México – Uma das primeiras cidades a evitar queimas de lixo em lixeiras e aterros.
- ✓ Nova Deli - Fortalecimento de políticas e maior controlo na proibição de fogos de artifício e queima de resíduos; contudo estas são soluções imediatas e a curto-médio prazo.

Controlo da queima de resíduos agrícolas

- ✓ Nova Deli - intervenção de rápida gestão e eficaz para a qualidade do ar, com restrições sobre queima de resíduos durante os meses de inverno, especialmente a queima de resíduos a céu aberto.

4.2.5. Residencial

A queima de combustível doméstico inclui biomassa, carvão e gás para cozinhar ou aquecimento. Contudo, os países menos desenvolvidos ainda não têm opções sustentáveis o suficiente para conseguir fazer face aos vários problemas de saúde derivados da queima de biomassa para cozinhar ou para aquecimento. A Tabela 8 descreve as principais medidas e políticas tomadas relativamente às atividades residenciais.

Tabela 8 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente às atividades residenciais, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015 ; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET , 2005).

MEDIDAS	Descrição	Cidades que adotaram
1- Certificação LEED	<ul style="list-style-type: none"> Através da implementação de aquecimento solar Medidas de eficiência energética Troca de lâmpadas Gás para cozinhar 	Cidade do México, Tóquio, Cairo, Peshawar
2- Promoção de fogões <i>Clean Cooking</i>	<ul style="list-style-type: none"> Programas de redução de consumo de biomassa Regulamentação 	Cidade do México, Nova Deli, Cairo, Onitsha, Peshawar, Zabol, Jakarta, Buenos Aires
3- Padrões de desempenho para aquecedores a madeira (aquecedores)	<ul style="list-style-type: none"> Mais limpos Eficiência energética 	Los Angeles, Nova Iorque, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Cairo, Peshawar, Zabol, São Paulo, Rio de Janeiro, Jakarta, Buenos Aires

O objetivo destas medidas são, para além da redução de emissões e evitar poluição do ar interior, a redução de despesas domésticas, evitar a desflorestação e promover o uso de eletricidade a partir de energias renováveis – questões já ultrapassadas em países desenvolvidos e em megacidades de países desenvolvidos.

Promoção de fogões *Clean Cooking*

- ✓ Nova Deli – Iniciativa de um Projeto-piloto chamado *Cookstoves*, de desenvolvimento e implementação de fogões em comunidades e escolas públicas entre 2009-2010, com 400 fogões usados em campo. Está igualmente a ser desenvolvido um outro projeto com

12 000 fogões com aplicações domésticas (Ministry of New and Renewable energy , 2016).

- ✓ Onitsha – uma organização não-governamental - *Developmental Association For Renewable Energies* (DARE) - supervisiona a aquisição e transporte dos fogões. Financiamento resultou em preços reduzidos aos consumidores finais, tendo já sido vendidos 300 fogões entre 2009-2015.

4.2.6. Outras estratégias

Há uma série de medidas que complementam todas as outras estratégias setoriais anteriores e que contribuem significativamente para a melhoria da qualidade do ar nas cidades que as tornam parte integrante dos programas de redução de emissões. A Tabela 9 descreve as principais medidas e políticas tomadas relativamente a outras estratégias.

Tabela 9 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente a outras estratégias, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2005).

Medidas	Descrição	Cidades que adotaram
1- Padrões nacionais/regionais de qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecimento de valores mais restritos relativos aos poluentes O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO₂ 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, Zabol, Mazar-e- Sharif, Jakarta, São Paulo, Rio de janeiro, Nova Iorque, Onitsha, Buenos Aires
2- Políticas nacionais de qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos até 2030 de prevenção, controlo e mitigação 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, Zabol, Mazar-e- Sharif, Jakarta, São Paulo, Rio de janeiro, Nova Iorque.
3- Programas e legislação		Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Tóquio, Pequim, Xangai, Peshawar, Zabol, Mazar-e- Sharif, Jakarta, São Paulo, Rio de janeiro, Nova Iorque, Onitsha, Buenos Aires
4- Sistemas de monitorização	<ul style="list-style-type: none"> Monitores operacionais Pessoal qualificado Divulgação de dados para o público de meios de comunicação 	Cidade do México, Los Angeles, Nova Deli, Agra, Bhopal, Bombaim, Londres, Pequim, Xangai, Peshawar, Zabol, Mazar-e- Sharif, Jakarta, São Paulo, Rio de janeiro, Nova Iorque, Cairo, Buenos Aires
5- Implementação de dias sem carros	<ul style="list-style-type: none"> <i>Hoy no circula</i> 2 sábados por mês 	Cidade do México
6- Alertas de poluição	<ul style="list-style-type: none"> Gratuitos e em plataformas digitais Planos de emergência para episódios críticos 	Londres, Pequim
7- Plano de ação alterações climáticas	<ul style="list-style-type: none"> Medidas de Redução de emissões de GEE Sensibilização 	Cidade do México, Pequim, Rio de Janeiro
8- Tráfego marítimo	<ul style="list-style-type: none"> Incentivos financeiros (novos motores ou com tecnologia de redução de NOx equivalente) 	Los Angeles, Los Angeles, Tóquio,

Tabela 9 - Descrição de medidas e políticas tomadas relativamente a outras estratégias, que afetam a qualidade do ar nas várias cidades (Fontes: Zhu *et al.*, 2012; IEA, 2012; UNEP, 2015; Pakistan Government, 2016; Soto, 2000; EANET, 2005) (continuação).\

Medidas	Descrição	Cidades que adotaram
9- Melhorar compreensão das fontes de emissão	<ul style="list-style-type: none"> Dentro e fora da cidade Fontes fixas e móveis 	Nova Deli, Pequim, Xangai
10- Programas de educação técnica	<ul style="list-style-type: none"> Treino/educação do uso de energias renováveis (eólica, solar, eficiência energética) 	Mazar-e Sharif, São Paulo
11- Conservação de florestas	<ul style="list-style-type: none"> Fundos de conservação Reflorestação 	Los Angeles, Agra, Bhopal, Peshawar, Jakarta
Medidas	Descrição	Cidades que adotaram
12- Espaços verdes	<ul style="list-style-type: none"> Parques públicos (trilhas, ciclovias) Jardins nos telhados, coberturas verdes, jardins verticais Incentivos aos cidadãos (descontos) 	Cidade do México, Los Angeles, Londres, São Paulo,

As estratégias da Tabela 9 complementam outras medidas específicas de cada um dos setores já referidos. Os valores-guia ou limite de qualidade do ar, outra legislação ou regulamentos relativos à prevenção e Controlo da poluição atmosférica, ou ainda o sistema de monitorização são cruciais para que qualquer medida ou política atinja o objetivo de melhorar a qualidade do ar, cujos programas são desenvolvidos por um determinado período de tempo e lugar, com enfoque no controlo de emissões e na relação entre as fontes de emissão e o seu impacto na qualidade do ar e saúde humana.

Implementação dias sem carros

- ✓ Cidade do México - programas como “hoy no circula” de restrição de condução que funcionaram como incentivo desde 1989 (Zhu *et al.*, 2012).

Plano de ação para as alterações climáticas

- ✓ Zabol - O governo iraniano alocou entre 17,4 milhões a \$34,8 milhões no sexto plano de desenvolvimento económico (2016-21) para ajudar a aliviar a crise do fenómeno Lago Hamoun. O objetivo é mobilizar a ajuda de países do Oriente Médio para combater as tempestades de areia e para ajudar o Irão na revitalização desta área, conhecida por sua pântanos abundantes, biodiversidade e produtividade natural.

Espaços verdes

- ✓ Jakarta – Projetos *1 Million Trees Campaign* e *1 Million Parks Campaign*, onde para além de reduzir a poluição do ar, estas árvores podem também dar um importante contributo paisagístico. São plantadas cinco tipos de árvores que se consideram ser capazes de reduzir a poluição atmosférica.
- ✓ Cidade do México - A meta é alcançar nove metros de área verde por morador. Atualmente o governo da capital plantou mais de 16.000 m² de jardins nas coberturas dos seus edifícios. Desde 2011, para incentivar os cidadãos a fazerem o mesmo, é

oferecido 10% de desconto no IPTU (imposto sobre a propriedade predial territorial urbana) para que os moradores criem terraços verdes nas suas casas.

Conservação de Florestas

- ✓ Jakarta - implementação de REDD +, ações para reduzir o desmatamento e degradação florestal através do reconhecimento adequado dos fatores que contribuem para a sua destruição (Yoshikura *et al.*, 2016).

4.3. Evolução da Qualidade do Ar nas Megacidades

O estado atual do conhecimento é suficientemente forte para justificar medidas imediatas para reduzir emissões a nível nacional. Em primeiro lugar, os maiores benefícios seriam na saúde pública; em segundo lugar, cada país tem a sua própria combinação única de fontes de poluição, logo a necessidade de uma individualização estratégica de redução de emissões a nível nacional é a mais adequada; em terceiro lugar, a nível nacional permite-se que um país incorpore a redução de emissões na sua política de qualidade de ar, alterações climáticas, desenvolvimento e em políticas setoriais relevantes de acordo com as prioridades nacionais (UNEP, 2011).

Os esforços nacionais para reduzir emissões podem construir-se em cima de instituições, políticas e quadros regulatórios existentes e relacionados com a gestão da qualidade do ar e alterações climáticas. Para muitos países em desenvolvimento as medidas estão ligadas a metas e políticas de desenvolvimento prioritárias e, portanto, têm de ser relevantes e adequadas, para que os planos de ação resultem (UNEP, 2011). Comparando as concentrações de poluentes atmosféricos em diferentes megacidades e comparando a forma como essas concentrações têm evoluído, é possível perceber a eficácia das várias estratégias de controlo, como se pode ver na Tabela 10, pela evolução das diferentes concentrações dos poluentes.

Tabela 101 – Concentrações de PM₁₀ e PM_{2.5} em 2011 e 2016 (Fontes: WHO, 2011; WHO, 2016).

Cidade	PM ₁₀ (µg/m ³) média anual		PM _{2.5} (µg/m ³) média anual	
	2011*	2016*	2011*	2016*
Agra	165	196	-	105
Bhopal	93	173	-	93
Bombaim	132	117	-	63
Buenos Aires	38	67	-	16
Cairo	138	135	-	73
Cidade do México	52	93	24,4	25
Jakarta	43	48	-	21
Londres	29	22	13,5	15
Los Angeles	25	20	14,8	11
Mazar-e Sharif	-	334	-	68
Nova Deli	198	229	-	122
Nova Iorque	21	23	12,7	14
Onitsha	-	594	-	66
Pequim	121	108	-	85
Peshawar	219	540	-	111
Rio de Janeiro	64	117	-	36
São Paulo	27	35	15	19
Xangai	81	84	-	52
Tóquio	23	28	-	15
Zabol	-	527	-	217

*A vermelho as concentrações críticas; a laranja as concentrações que requerem atenção e a verde as concentrações que se encontram em conformidade com as diretrizes da WHO

A comparação das médias anuais das concentrações de PM₁₀ e PM_{2.5} registadas nas vinte cidades varia bastante. No entanto, mesmo as cidades mais desenvolvidas têm problemas e excedem as diretrizes da WHO. Comparando as concentrações de 2011 e 2016 relativamente a PM₁₀, nenhuma das vinte cidades respeita os padrões impostos pela WHO, quer em 2011 quer em 2016. Isto indica que, apesar da implementação de medidas e políticas para mitigar as emissões deste poluente, os esforços não têm sido suficientes para garantir a saúde das populações afetadas.

Destacam-se pela positiva cidades como Tóquio, Xangai, Nova Iorque, Los Angeles e Londres por terem conseguido manter os níveis (aproximadamente constantes). Pela negativa destaca-se Bhopal e Peshawar (por em 2016 ter quase duplicado as concentrações de PM₁₀). Cidades que não tiveram recolha de dados em 2011, tiveram em 2016 concentrações de PM₁₀ alarmantes, dando a crer que se não forem tomadas medidas imediatas, novos dados poderão ser ainda piores do que os atuais.

Relativamente às concentrações de PM_{2.5}, apenas quatro cidades apresentam níveis críticos (cidades que também se destacam negativamente relativamente ao PM₁₀), o que indica que não estão a ser tomadas medidas corretas para mitigar a emissão de PM. Pela positiva destacam-se as cidades de Nova Iorque, São Paulo, Los Angeles e Londres, cujos valores de PM_{2.5} se mantêm abaixo do limiar de perigo para a saúde humana, segundo a WHO, tanto em 2011 como em 2016.

Entender o efeito das substâncias emitidas sobre a saúde pública, ecossistemas e alterações climáticas é importante na avaliação de medidas de redução, identificando-se medidas “win-win” que simultaneamente alcançam uma melhoria da qualidade do ar e trazem benefícios, sendo necessário uma base de informações concreta e atualizada.

Os fatores mais importantes que determinam futuros níveis de emissões são as atividades antropogénicas, o nível de desenvolvimento tecnológico, a introdução de medidas de redução, o crescimento económico, a situação geopolítica, os acordos comerciais, o nível de subsídios, o custo do trabalho e as emissões naturais (OECD, 2014). As políticas para controlar as emissões podem ser mais bem-sucedidas se forem encontradas dentro de estruturas de desenvolvimento sustentável. Contudo, para muitos países em desenvolvimento, as políticas nacionais para redução de emissões precisam de ter em conta a falta de sistemas de gestão de poluição do ar, que não estão devidamente estabelecidos.

As razões da especial atenção a medidas a nível local, principalmente para megacidades, prendem-se no maior benefício público para a saúde perto de zonas de fontes de emissões; o facto de cada país ter a sua própria mistura de emissões, pode determinar uma atuação específica e adequada. Muitas megacidades já têm instituições que lidam com a poluição do ar, servindo como plataformas de dados e informações para desenvolver políticas e medidas de redução de poluentes.

4..4. Relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça

A coordenação regional tem um papel importante no reforço das medidas e iniciativas de gestão de poluição do ar e os acordos intergovernamentais podem ser usados como forma eficaz de sensibilização. Este apoio a nível regional pode ser eficaz na construção de uma consciência dos diferentes países e aumentar a implementação bem-sucedida de ações a nível nacional, e ser mais eficaz nos problemas transfronteiriços por resolver, promovendo a implementação de medidas de mitigação, partilha de boas práticas e melhoria das capacidades técnicas.

Um requisito fundamental para a mitigação funcionar e a informação dos tomadores de decisões ser a adequada, é a clareza de que muitos benefícios, especialmente para a saúde humana,

reverterão a favor das populações que tomarem as medidas, enquanto as responsabilidades de selecionar e implementar medidas de mitigação cabe aos governos nacionais e locais.

O desenvolvimento de medidas a nível regional aumenta a consciencialização, cria prioridades, aumenta o fluxo de informação, recursos, tecnologia e conhecimento entre os países. O desenvolvimento de normas e diretrizes específicas para cada poluente e sector poderia ser mais claro e exaustiva, e o contributo do IPCC e WHO podem fornecer orientações aos decisores políticos no desenvolvimento de medidas para reduzir os impactes dos poluentes atmosféricos na saúde humana e ecossistemas (OECD, 2014).

A *Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution (TF HTAP)* foi estabelecida pelo órgão executivo da Convenção LRTAP em dezembro de 2004, a fim de desenvolver uma melhor compreensão do transporte intercontinental de poluição do ar em todo o hemisfério norte, incluindo estimativas de poluentes atmosféricos específicos e relacionar questões de interesse com benefícios de cooperação internacional para diminuir as emissões de ozono e seus precursores (O_3), partículas finas e seus componentes (PM), mercúrio (Hg) e poluentes orgânicos persistentes (POP). Em 2010 foi publicado um estudo de poluição do ar com dados dos quatro principais poluentes transfronteiriços. A importância do transporte intercontinental para a realização de objetivos de política ambiental pode mudar no futuro devido à variação da magnitude e distribuição espacial de emissões (UNEP, 2011).

Nas observações através de instrumentos e monitorização no terreno (ligações a balões, aeronaves, satélites) foram fornecidas evidências de que os poluentes são influenciados pelo transporte atmosférico entre continentes. Os modelos, observações e inventários de emissões sugerem que o transporte intercontinental hemisférico é determinado pelo local e hora das emissões, o produto químico e transformação física de poluentes na atmosfera e padrões de meteorologia e circulação atmosférica. A compreensão destes processos é ainda limitada pela falta de medições e monitorização organizada. Contudo, os registos são suficientes para perceber e demonstrar que o PM, O_3 , Hg e POPs são transportados em escalas intercontinentais e influenciam a contribuição dos fluxos e impactes na saúde e ambiente, agora e no futuro. A magnitude e o impacto do transporte de poluentes a nível hemisférico intercontinental é inicialmente determinado pela distribuição global das emissões, e sua relação espacial com as principais vias de transporte meteorológico.

É necessário construir o entendimento para resolver os problemas de poluição do ar locais, regionais e globais, tendo a cooperação à escala regional já permitido criar infraestruturas organizacionais que beneficiam a troca de informações entre regiões.

5. Conclusões

5.1. Principais conclusões

As evidentes consequências da má qualidade do ar na saúde humana, ecossistemas e clima revelam a necessidade imediata de tomar medidas a fim de mitigar problemas atuais e futuros. O objetivo é a melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos através da implementação de políticas e medidas nos diferentes setores responsáveis pela maioria das emissões.

Esta dissertação teve três objetivos principais: a análise das Políticas e Medidas aplicadas nas 20 cidades relativas ao controle de emissões; a análise da influência das Políticas e Medidas na qualidade do ar; e a análise da relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça. No geral, concluiu-se que as concentrações de PM₁₀ e PM_{2.5} entre 2011 e 2016 não obtiveram melhorias significativas. Contudo as cidades com maior número de medidas nos diferentes setores, são também as que têm maior sucesso na melhoria da qualidade do ar, principalmente nas concentrações de PM_{2.5}.

De uma forma mais detalhada, relativamente ao primeiro objetivo desta dissertação - a análise das Políticas e Medidas aplicadas nas 20 cidades relativas ao controle de emissões – concluiu-se o seguinte:

- A maioria das medidas aplicadas em cidades como Cidade do México, Londres, Tóquio, Pequim, Los Angeles e São Paulo estão integradas em projetos de soluções que são essenciais para facilitar a obtenção de metas a longo prazo com equipas especializadas, focadas e permanentes, provando ser uma boa ferramenta de implementação integrada de políticas e medidas.
- No setor dos transportes as Políticas e Medidas foram, no geral, de fácil implementação e aceitação social, sendo normal que haja mais medidas neste setor por surgirem efeitos imediatos e pela simplicidade das ações. Destacam-se as cidades de países em desenvolvimento por precisarem de um maior investimento no setor dos transportes públicos - Mazar-e Sharif, Onitsha são exemplos de cidades cujos níveis de PM₁₀ são bastante elevados, e não há uma rede de transportes públicos implementada.
- No setor da Indústria, a competitividade impede que muitas medidas sejam adotadas e por essa razão as indústrias, apesar de serem as grandes poluidoras, são as que menos custos têm para limpar a poluição que provocam. As medidas aplicadas no setor industrial têm sempre alguma dificuldade de implementação, apesar de rapidamente surtirem efeito, tal como nos transportes.
- No setor da energia as centrais nucleares estão a ser ponderadas como alternativa aos combustíveis fósseis em países como a China, Afeganistão ou Índia. No entanto, a China tem investido nos últimos anos em energias renováveis (solar e eólica), tendo um impacto global na aceleração das tecnologias limpas, cuja rápida expansão poderá reduzir custos dessas tecnologias e facilitar o mercado. O uso de carvão na China está a ser desacelerado. Contudo, o desenvolvimento de energias renováveis em cidades de países em desenvolvimento (Onitsha, por exemplo) tem sido muito lento e apenas no setor privado.
- No setor da Agricultura o destaque vai para a queima de resíduos urbanos e agrícolas (biomassa), que sobretudo em países em desenvolvimento são ainda uma prática recorrente e afetam consideravelmente a qualidade do ar das cidades.

- No setor Residencial a poluição do ar interior e o *CleanCooking*, particularmente em África e na Ásia, são desafios que não se encontram em cidades de países desenvolvidos e são por isso prioridade para as entidades competentes, que terão de lidar com problemas socioeconómicos das populações, ao mesmo tempo que tentam melhorar a qualidade do ar nos grandes centros urbanos.
- Outras estratégias são complementares às dos outros setores, não deixando de ter importância nos resultados da qualidade do ar. O destaque vai para a reforestação e a aposta em espaços verdes nas megacidades.

Com a análise da influência das Políticas e Medidas na qualidade do ar, nomeadamente a comparação das concentrações de 2011 e 2016 relativamente a PM_{10} e $PM_{2.5}$, nenhuma das 20 cidades respeita os padrões impostos pela WHO, quer em 2011 quer em 2016. As conclusões retiradas desta análise foram as seguintes:

- A comparação das médias anuais das concentrações de PM_{10} e $PM_{2.5}$ registadas nas 20 cidades mostra que mesmo as cidades mais desenvolvidas têm problemas e excedem as diretrizes da WHO. Isto indica que, apesar da implementação de medidas e políticas para mitigar as emissões deste poluente, os esforços não têm sido suficientes para garantir a saúde das populações afetadas.
- Destacam-se pela positiva: Tóquio, Xangai, Nova Iorque, Los Angeles e Londres por terem conseguido manter os níveis (aproximadamente constantes). Pela negativa destacam-se Bhopal e Peshawar (por em 2016 ter quase duplicado as concentrações de PM_{10}). Cidades que não tiveram recolha de dados em 2011, tiveram em 2016 concentrações de PM_{10} alarmantes, dando a crer que se não forem tomadas medidas imediatas, novos dados poderão ser ainda piores do que os atuais.
- Relativamente às concentrações de $PM_{2.5}$, apenas quatro cidades apresentam níveis críticos (cidades que também se destacam negativamente relativamente ao PM_{10}), o que indica que não estão a ser tomadas medidas corretas para mitigar a emissão de PM. Pela positiva destacam-se as cidades de Nova Iorque, São Paulo, Los Angeles e Londres, cujos valores de $PM_{2.5}$ se mantêm abaixo do limiar de perigo para a saúde humana, segundo a WHO, tanto em 2011 como em 2016.
- O sucesso das medidas implementadas em Pequim (durante os Jogos Olímpicos) e Nova Deli (Jogos Commonwealth) trouxe melhorias da qualidade do ar em ambas as cidades, provando que a redução de precursores de ozono e PM a curto prazo pode ser implementada com sucesso, mas que a longo prazo não são as ideais ou as mais sustentáveis. Los Angeles, com os Jogos Olímpicos em 2024, irá da mesma forma fazer cumprir regulamentos rigorosos e as medidas serão implementadas meses antes para garantir o ar limpo antes e durante os Jogos.

O terceiro e último objetivo desta dissertação é a análise da relação dos poluentes das grandes cidades com a dinâmica transfronteiriça, tendo-se retirado as seguintes conclusões:

- Apesar da poluição atmosférica sempre ter sido vista como um problema a tratar localmente, a sua abordagem terá de ser regional e global. O desenvolvimento de medidas a nível regional aumenta a consciencialização, cria prioridades, aumenta o fluxo de informação, recursos, tecnologia e conhecimento entre os países.
- Os países não estão todos no mesmo patamar de mitigação e criação de políticas: uns ainda se concentram em atividades de sensibilização, divulgação e recolha de dados.

Através de protocolos de assistência técnica, os países seriam capazes de aprender uns com os outros, tornando assim o objetivo de minimizar a poluição do ar e dos seus efeitos transfronteiriços possíveis nas regiões afetadas.

- É necessário construir o entendimento para resolver os problemas de poluição do ar locais, regionais e globais, tendo a cooperação à escala regional já permitido criar infraestruturas organizacionais que beneficiam a troca de informações entre regiões.

As condições socioeconómicas, sociais vão determinar as prioridades e o sucesso de novas medidas em cada uma das cidades. As políticas e medidas têm de ser adaptadas às realidades; ser específica para cada uma das fontes de poluição e ter a colaboração das autoridades, comunidade científica e sociedade civil. A introdução de mecanismos económicos e fiscais a fim de satisfazer os compromissos assumidos a nível nacional e internacional, são essenciais para a definição de políticas e medidas de prevenção e controlo de poluição atmosférica.

O desafio do século XXI é o desenvolvimento sem prejudicar o ambiente. Mas o desenvolvimento dos países traz custos, nomeadamente custos ambientais, sendo que cada um dos setores que constituem o problema, também deverão ser parte da solução.

A abordagem padronizada para análise da poluição é dificultada pelos dados muitas vezes não confiáveis a partir de estações de monitorização, a relutância dos políticos ou ministérios do governo para oferecer números precisos sobre poluição, e até mesmo uma completa falta de monitorização em grande parte do mundo. O nível de transparência dos dados não pode ser posta em causa, a fim de facilitar futuras revisões e relatórios.

De referir que, apesar do presente trabalho apenas relatar algumas megacidades, estas servem de exemplo e lição para outras cidades.

As consequências podem só ser sentidas daqui a décadas, podendo já ser tarde para que a tecnologia faça alguma diferença.

5.2. Limitações do estudo

Na realização deste trabalho foram assumidos dados provenientes de diferentes países, com comparabilidade limitada, isto é, diferentes métodos de medição de concentrações de poluentes e omissão de dados que se sabe existir, mas que não puderam ser acedidos. Foi também particularmente difícil a comparação de dados e outras informações relevantes relativas a diferentes anos e períodos.

De referir que a dados de certas cidades, como Cairo, Bhopal, Onitsha, Mazar-e- Sharif e Peshawar estão muitas vezes indisponíveis nos sites governamentais ou sem tradução do árabe, dificultado a recolha de informação atualizada.

6. Referências Bibliográficas

- Akhtar, T.; Ullah, Z.; Khan, M. H.; Nazli, R. (2007) Chronic Bronchitis in Women Using Solid Biomass Fuel in Rural Peshawar, Pakistan. Obtido em 12-09-2016, de <http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?articleid=1085505>
- Antunes, P.; Santos, R.; Martinho, S.; Lobo, G. (2002). Estudo sobre o Sector Elétrico e Ambiente - 3º Relatório Política de Ambiente e o Sector Elétrico. Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente - Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente UNL-FCT, Lisboa.
- Berbery E.H., Ciappesoni H.C. and Kalnay E. (2008). The smoke episode in Buenos Aires, 15-20 April 2008. Geophysical Research Letters.
- Borwankar, V. (2016). Bombaim is the fifth most polluted megacity in the world, says WHO. Obtido em 02-09-2016, de <http://timesofindia.indiatimes.com/city/Bombaim/Bombaim-is-the-fifth-most-polluted-megacity-in-the-world-says-WHO/articleshow/52248695.cms>
- Brauer, M.; Amann, M.; Burnett, R.; Cohen, A.; Dentener, F.; Ezzati M.; Henderson, S.; Krzyzanowski, M.; Martin, R. V.; Dingenen, R. V.; Donkelaar, A. V.; Thurston, G. (2011). Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. Environmental Science & Technology, 46, 652–60.
- Brena, N. A. (2009) A Chuva Ácida e os seus Efeitos sobre as Florestas - 2a Edição Revista e Ampliada. 63 pp.
- Broughton, E. (2005) The Bhopal disaster and its aftermath: a review. Obtido em 13-12-2016, de <http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-4-6>
- Burke, J. (2010). Taj Mahal threatened by polluted air and water. Obtido em 15-08-2016, de <https://www.theguardian.com/world/2010/dec/02/taj-mahal-threatened-pollution>
- C40 (2012) Mexico City meets, exceeds Climate Action Program goals. Obtido em 12-11-2016, de http://www.c40.org/blog_posts/mexico-city-meets-exceeds-climate-action-program-goals
- Cahyandito (2001). Air Pollution in Jakarta, Indonesia. Albert-Ludwigs-University Freiburg, Germany.
- Carrington, D. (2016). The truth about London's air pollution. Obtido em 19-09-2016, de <https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/05/the-truth-about-londons-air-pollution>
- CCDR (2014). O Ar e os Poluentes Atmosféricos. Obtido em 09-09-2016, de <http://www.ccdr-lvt.pt/pt/o-ar-e-os-poluentes-atmosfericos/8082.htm>
- Change, C. (2010). EGYPT SECOND NATIONAL COMMUNICATION Under the United Nations Framework Convention on.
- Chen C.H., Li L., Huang C., Chen Z., Wang H.L., Huang H.Y., et al., (2009). Study on the air pollution control countermeasures for 2010 EXPO, Shanghai Academy of Environmental Science, 2009.
- City Population (2016). Obtido em 12-06-2016, de <http://www.citypopulation.de/php/índia-uttarpradesh.php?adm2id=0915>

CityZen (2011). Welcome to CityZen. Obtido em 17-08-2016, de <https://cityzen-project.eu/>

Clean Air (2016). Ships. Obtido em 14-09-2016, de <http://www.cleanairactionplan.org/strategies/ships/>

Clifford, M. L. (2015) Redução do consumo de carvão na China. Obtido em 15-11-2016, de http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/economistas/detalhe/reducao_do_consumo_de_carvao_na_china

DEFRA (2013). Emissions of Air Pollutants in the UK , 1970 to 2013, (December), 1–12. Obtido em 12-08-2016, de http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130123162956/http://www.defra.gov.uk/statistics/files/Emissions-of-air-pollutants-statistical-release_updated-figures.pdf
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/388195/Emissions

Delasa, A.R. (2012). Business Hurt by Anti-Pollution Drive in North Afghan City . Obtido em 17-08-2016, de <https://iwpr.net/global-voices/business-hurt-anti-pollution-drive-north-afghan-city>

DIMTS (2016) Operation and Maintenance of Bus Rapid Transit Corridor from Ambedkar Nagar to Delhi Gate. Obtido em 17-09-2016, de <http://www.dimts.in/Operation-and-Maintenance-of-BRT.aspx>

EANET (2015). Review on the state of air pollution in East Asia, (February). Obtido em 07-08-2016, de <http://www.eanet.asia/product/RSAP/RSAP.pdf>

Eckerman, I. (2005). The Bhopal Saga – Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster. Published by Universities Press (Índia) Private Limited 2005.

EEA (2014a). Progress Towards 2008-2012 Kyoto Targets in Europe, European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2014b). Air pollution fact sheet 2014 - Portugal. European Environmental Agency, Copenhagen.

EPA (2009). EPA Finalizes More Stringent Standards for Control of Emissions from New Marine Compression-Ignition Engines at or Above 30 Liters per Cylinder, (December 2009), 1–6.

EPA (2016). Ecosystem Effects of Ozone Pollution. Obtido em 15-08-2016, de <https://www.epa.gov/ozone-pollution/ecosystem-effects-ozone-pollution>

EPA. (2016). Finalizes First Steps to Address Greenhouse Gas Emissions from Aircraft Engines, (July), 2016–2018.

Fallis, A. (2013). Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.

Finlayson-Pitts, B. J. and Pitts, Jr., J. M. (2000). Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Department of Chemistry School of Physical Sciences, University of California.

Globo (2014). Estudo revela impacte da poluição na saúde de moradores do RJ e de SP. Obtido em 05-09-2016, de <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2014/10/estudo-revela-impacte-da-poluicao-na-saude-de-moradores-do-rj-e-de-sp.html>

Green Savers (2015) Importações de carvão na China estão a diminuir . Obtido em 15-11-2016, de <http://greensavers.sapo.pt/2015/05/01/importacoes-de-carvao-na-china-estao-a-diminuir/>

Greene, D. (2016). Effects of lead on the environment The LEAD Group Inc. Obtido em 15-08-2016, de <https://www.lead.org.au/lanv1n2/lanv1n2-8.html>

Gupta, A. (2010). Urban roads of Bhopal city. World Academy of Science, Engineering and Technology. Obtido em 15-09-2016, de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79951470126&partnerID=40&md5=f05dbf6fb0c05eb1e73276c2e706f9c7>

Gurjar, B. R., Butler, T. M., Lawrence, M. G., & Lelieveld, J. (2008). Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment*, 42(7), 1593-1606.

Habil, M., Massey, D. D., & Taneja, A. (2016). Personal and ambient PM_{2.5} exposure assessment in the city of Agra. *Data in Brief*, 6, 495–502.

Harrell, E. (2011). London Lacking in Clean Air? Blame Europe. Obtido em 06-01-2016, de <http://content.time.com/time/health/article/0,8599,2062025,00.html>

Hinsdale, J. (2016). By the Numbers: Air Quality and Pollution in New York City. Obtido em 22-09-2016, de <http://blogs.ei.columbia.edu/2016/06/06/air-quality-pollution-new-york-city/>

Holloway, T. (2003). Intercontinental Transport of Air Pollution : Will Emerging Science Lead to a New Hemispheric Treaty?. *Earth Institute, Columbia University. Environ. Sci. Technol.*, 2003, 37 (20), pp 4535–4542

HTAP (2010). Hemispheric Transport of Air Pollution – Part D. Obtido em 12-09-2016, de http://www.geosciences.unl.edu/~jwang/docs/publication/paper_pdf/2010/HTAP2010_chapter_5.pdf

IEA (2012). World Energy Outlook 2012. Obtido em 14-08-2016, de http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012_free.pdf

IEA (2016). World Energy Outlook website. Obtido em 18-07-2016, de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>

Jacobi, P., Segura, D. B., & Kjellen, M. (1999). Governmental responses to air pollution: summary of a study of the implementation of rodizio in Sao Paulo. *Environment and Urbanization*, 11(1), 79–88.

Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A.(2013) "World Map of Köppen-Geiger climate classification". The University of Melbourne. Retrieved April 26, 2013.

Platt, J. R. *Courrier internacional*, Edição n.º 232. junho 2015

Kamisako, M.; Sase, H.; Matsui, T.; Suzuki, H.; Takahashi, A.; Oida, T.; Nakata, M.; Totsuka, T. and Ueda, H. (2008) Seasonal and annual fluxes of inorganic constituents in a small catchment of a Japanese cedar forest near the Sea of Japan. *Water, Air and Soil Pollution*. 195(1-4):51-61.

Kannari, K., Tonooka, Y., Baba, T., and Murano, K. (2007). Development of multiple-species 1 km×1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.*, 41, 3428–3439,

Khoder, M. I. (2009). Diurnal, seasonal and weekdays-weekends variations of ground level ozone concentrations in an urban area in greater Cairo. *Environ. Monit. Assess.*, 149(1-4), 349-362.

Khwaja, M. A.; Umer, F.; Shaheen, N.; S., Faisal H.; Sherazi, A. (2012). Air Pollution Reduction and Control in South Asia. Sustainable Development Policy Institute.

Lesnes, C. (2015) Até 2020, a Califórnia deverá produzir 33% de energias renováveis. Obtido em 20-11-2016, de <http://m.noticias.uol.com.br/midiaglobal/lemonde/2015/05/02/ate-2020-a-california-devera-produzir-33-de-energias-renovaveis.htm>

Lim S.; Vos,T.; Flaxman, A.; Danaei,G.; Shibuya,K.; Adair-Rohani, H.; AlMazroa, M.; Amann, M.; Anderson, H.R.; Andrews, K.; Aryee, M.; Atkinson, C.; Bacchus, L.; Bahalim, S.; Balakrishnan, K.; Balmes, J.; Barker-Collo, S.; Baxter A.; Bell M.; Blore, J.; Blyth, F.; Bonner, C.; Borges, G.; Bourne, R.; Boussinesq, M.; Brauer, M.; Brooks, P.; Bruce, N.; Brunekreef,B.; Bryan-Hancock, C.; Bucello, C.; Buchbinder, R.; Bull, F.; T Burnett, R., Byers, T. , Calabria, B.; Carapetis,J.; Carnahan, E.; Chafe, Z., Charlson, F.; Chen H, Chen JS, Cheng AT, Child JC, Cohen A, Colson KE, Cowie BC, Darby S, Darling S, Davis A, Degenhardt L, Dentener F, Des Jarlais DC, Devries K, Dherani M, Ding EL, Dorsey ER, Driscoll T, Edmond K, Ali SE, Engell RE, Erwin PJ, Fahimi S, Falder G, Farzadfar F, Ferrari A, Finucane MM, Flaxman S, Fowkes FG, Freedman G, Freeman MK, Gakidou E, Ghosh S, Giovannucci E, Gmel G, Graham K, Grainger R, Grant B, Gunnell D, Gutierrez HR, Hall W, Hoek HW, Hogan A, Hosgood HD 3rd, Hoy D, Hu H, Hubbell BJ, Hutchings SJ, Ibeanusi SE, Jacklyn GL, Jasrasaria R, Jonas JB, Kan H, Kanis JA, Kassebaum N, Kawakami N, Khang YH, Khatibzadeh S, Khoo JP, Kok C, Laden F, Lalloo R, Lan Q, Lathlean T, Leasher JL, Leigh J, Li Y, Lin JK, Lipshultz SE, London S, Lozano R, Lu Y, Mak J, Malekzadeh R, Mallinger L, Marcenes W, March L, Marks R, Martin R, McGale P, McGrath J, Mehta S, Mensah GA, Merriman TR, Micha R, Michaud C, Mishra V, Mohd Hanafiah K, Mokdad AA, Morawska L, Mozaffarian D, Murphy T, Naghavi M, Neal B, Nelson PK, Nolla JM, Norman R, Olives C, Omer SB, Orchard J, Osborne R, Ostro B, Page A, Pandey KD, Parry CD, Passmore E, Patra J, Pearce N, Pelizzari PM, Petzold M, Phillips MR, Pope D, Pope CA 3rd, Powles J, Rao M, Razavi H, Rehfuess EA, Rehm JT, Ritz B, Rivara FP, Roberts T, Robinson C, Rodriguez-Portales JA, Romieu I, Room R, Rosenfeld LC, Roy A, Rushton L, Salomon JA, Sampson U, Sanchez-Riera L, Sanman E, Sapkota A, Seedat S, Shi P, Shield K, Shivakoti R, Singh GM, Sleet DA, Smith E, Smith KR, Stapelberg NJ, Steenland K, Stöckl H, Stovner LJ, Straif K, Straney L, Thurston GD, Tran JH, Van Dingenen R, van Donkelaar A, Veerman JL, Vijayakumar L, Weintraub R, Weissman MM, White RA, Whiteford H, Wiersma ST, Wilkinson JD, Williams HC, Williams W, Wilson N, Woolf AD, Yip P, Zielinski JM, Lopez AD, Murray CJ, Ezzati M, AlMazroa MA, Memish, Z.A. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, *The Lancet* 380(9859):2224–2260.

Mage, D.; Ozolins, G. ; Peterson, P. ; Webster, A.; Orthofer, R.; Vandeweerd, V.; Gwynne, M. (1996). Urban air pollution in megacities of the world. *Atmospheric Environment Journal*, pp. 681-686

Maulia, E. (2014). Jakarta's Air Quality Takes a Toxic Turn for The Worse. Obtido em 15-08-2016, de <http://jakartaglobe.beritasatu.com/news/jakartas-air-quality-takes-toxic-turn-worse/>

- Maxwell, A. (2013). Air Quality in Latin America: High Levels of Pollution Require Strong Government Action. Obtido em 18-08-2016, de <https://www.nrdc.org/experts/amanda-maxwell/air-quality-latin-america-high-levels-pollution-require-strong-government>
- Megapoli (2016). WP1: Emissions. Obtido em 12-09-2016, de <http://megapoli.dmi.dk/result/wp1res.html>
- Ministry of Environment & Forests, Government Of Índia. 1997. White Paper on Pollution in Delhi with an Action Plan, Obtido em 21-09-2016, de <http://envfor.nic.in/divisions/cpoll/delpolln.html>
- Ministry of New and Renewable Energy (2016) National Biomass Cookstoves Programme. Obtido em 23-09-2016, de <http://mnre.gov.in/schemes/decentralized-systems/national-biomass-cookstoves-initiative/>
- Miyamoto T. (1997). Epidemiology of pollution-induced airway disease in Japan. *Allergy*. 1997;52(suppl 38):30-34.
- Molina, L. T., Foy, B. De, Martínez, O. V., & Paramo, V. H. (2009). Air quality, weather and climate in Mexico City Title. *WMO Bulletin*, 58(January), 48–53.
- Molina, M J.; Molina, L T; West, J.; Sosa, G.; Pardo, S. C.; Martini, G. San; Z., M.A. and McRae, G. (2002). Air pollution Science in the MCMA: understanding source relationship through emissions inventories, measurements and modeling, Volume 2, pp 137-212.
- Molina, M. J., & Molina, L. T. (2004). Improving air quality in megacities - Mexico City Case Study. *Urban Biosphere and Society: Partnership of Cities*, 142-158.
- Murano, K. (2001). "Formation/Deposition Matrix of Air Pollutants in East Asia and Internacional Joint Observation Activities", the national Institute for Environmental Studies). The FY1999-2001 Global Environment Research fund Terminal Report, Ministry of the Environment
- NASA (2013). ICARTT File Format Standards V1.1*. Obtido em 15-08-2016, de <http://www-air.larc.nasa.gov/missions/etc/lcarttDataFormat.htm#1>
- Nasralla, M. M. (2001). Greater Cairo Air Quality Profile. Cairo: Egyptian Environmental Affair Agency.
- National Science and Technology Council (U.S.) (2001). Intercontinental Transport of Air Pollution : Relationship to North American Air Quality A Review of Federal Research and Future Needs Air Quality Research Subcommittee, (April).
- NOAA (2016). California Nexus- Research at the Nexus of Air Quality and Climate Change. Obtido em 24-08-2016, de <http://esrl.noaa.gov/csd/projects/calnex/>
- OECD (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction.
- OECD (2014), The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport, OECD Publishing, Paris. Obtido em 04-11-2015, de http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/the-cost-of-air-pollution_9789264210448-en#page2

Ostachuk, A; Evelson, P; Martin, S; Davidowski, L; Yakisich, JS and Tasa, D. (2008). Age-related lung cell response to urban Buenos Aires air particle solution fraction. *Environmental Research*. 2008; 107:170-177.

Otto, B. (2012). Jakarta's Air-Quality Conundrum. Obtido em 19-09-2016, de <http://www.wsj.com/articles/SB10000872396390444897304578046713405298742>

Parke, Phoebe (2016). CNN, Dirtied by success? Nigéria in home to city with worst PM10 levels. Obtido em 12-09-2016, de <http://edition.cnn.com/2016/05/31/africa/nigeria-cities-pollution/>

Parrish, D. D., Singh, H. B., Molina, L., & Madronich, S. (2011). Air quality progress in North American megacities: A review. *Atmospheric Environment*, 45(39), 7015–7025.

Programa MonitorAr (2012). Qualidade do Ar na cidade do Rio de Janeiro, 177. Obtido em 12-09-2016, de http://www.ccdrc.pt/index.php?option=com_content&view=category&id=275&Itemid=183&lang=pt

Prospero, J. M., P. Ginoux, O. Torres, S.E. Nicholson, and T.E. Gill (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product, *Reviews of Geophysics*, 40(1): 2.1-2.31.

Qazi, A. (2008). Air Pollution. Obtido em 27-09-2016, de http://www.afghan-web.com/environment/air_pollution.html

Radio Zamaneh (2014). Tuberculosis on the rise in Iranian province. Obtido em 08-08-2016, de <http://theiranproject.com/blog/2014/07/21/tuberculosis-on-the-rise-in-iranian-province/>

Ravindran, S. (2015). This Slum Has the Worst Air Pollution in Bombaim. Obtido em 02-09-2016, de <https://news.vice.com/article/this-slum-has-the-worst-air-pollution-in-Bombaim>

Saxena, N. (2015). Department of Accountancy & Law. Cost Analysis of air pollutants on human health in Agra. Faculty of Commerce Dayalbagh educational Institute, Agra.

Shvainshtein, A. e Pavel, O. (2012). AOD Trends over Megacities Based on Space Monitoring Using MODIS and MISR. *American Journal of Climate Change*, Vol.01 , 2012

Soto, G. (2000). MEXICO CITY'S 10 YEAR PLAN FOR IMPROVING AIR QUALITY. Obtido em 19-08-2016, de http://www.c2es.org/docUploads/soto_presentation.pdf

Tanabe, N. (2013). Transboundary Air Pollution from China: Possibilities for Cooperation with Japan. Obtido em 04-01-2016, de http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id034262.html

Tekeeva, K. (2016) WorldOnFire: Forest-fire smog has no borders. Obtido em 04-01-2016, de <http://www.greenpeace.org/international/en/news/Blogs/makingwaves/forest-fire-wildfires-Russia-Boreal-firefighting-training/blog/57131/#.V-GyW4gWdmA.facebook>

The News (2016). Pindi, Peshawar among world five top polluted cities: Obtido em 04-10-2016, de <https://www.thenews.com.pk/print/119890-Pindi-Peshawar-among-world-five-top-polluted-cities-Report>

UCAR (2013). University Corporation for Atmospheric Research . Tropospheric Ozone, the Polluter . Obtido em 02-06-2016, de: https://www.ucar.edu/learn/1_7_1.htm

UN (2005) FACT SHEET 7- Megacities. Obtido em 03-09-2016, em http://www.un.org/esa/population/publications/WUP2005/2005WUP_FS7.pdf

UN (2014). World Urbanization Prospects. Obtido em 02-08-2016, de <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>

UNEP (1992). Urban Air Pollution in Megacities of the world. Global environment monitoring System. U.S.A

UNEP (2003). Post-Conflict Environmental Assessment Afghanistan. Obtido em 14-08-2016, de <http://www.envirosecurity.org/actionguide/view.php?r=112&m=publications>

UNEP (2011). Report, U. S. Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits : Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers

UNEP (2014). Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants, United Nations Environment Programme, "Time to Act", 2014, Second edition, 1 – 48, Obtido em 2-01-2016, de http://www.unep.org/ccac/Portals/50162/docs/publications/Time_To_Act/SLCP_TimeToAct_lores.pdf

UNEP (2015) Transport. Obtido em 02-09-2016, de <http://www.unep.org/transport/airquality/>

UNEP (2016). Eutrophication. Obtido em 11-06-2016, de http://www.unep.or.jp/ietc/publications/short_series/lakesreservoirs-3/3.asp

USP (2006). Poluição Atmosférica & Chuva ácida, Universidade de São Paulo. Obtido em 02-06-2016, de http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html

Venegas, L. E.; Mazzeo, N. A. and Rojas, A. L. P. (2011). Evaluation of an Emission Inventory and Air Pollution in the Metropolitan Area of Buenos Aires. edited by Dragana Popović.

Vidal, J. and Dehghan, S. K. (2016). Which are the world's two most polluted cities – and why?. Obtido em 22-06-2016, de <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/12/which-are-the-worlds-two-most-polluted-cities-and-why>

Wenig, M., Spichtinger, N., Stohl, A., Held, G., Beirle, S., & Wagner, T. (2003). and Physics Intercontinental transport of nitrogen oxide pollution plumes, (x), 387–393.

WHO (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005 – Summary of risk assessment.

WHO (2011). Urban outdoor air pollution database .Department of Public Health and Environment, World Health Organization

WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project. Technical Report. Obtido em 14-07-2016, de http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

WHO/UNEP (1992). Urban Air Pollution in Megacities of the World. World Health Organization and United Nations Environment Programme, Blackwell, Oxford.

WHO/UNEP (2011). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. UNON/publishing Services Section/Nairobi, ISO 14001:2014.

Wong, D. (2006). Environmental Issues in Tokyo, (c). Obtido em 10-09-2016, de <http://www.legco.gov.hk/yr05-06/english/sec/library/0506in30e.pdf>, 1–5.

Yaduma, N., Kortelainen, M. and Wossink, A. (2013). Estimating Mortality and Economic Costs of Particulate Air Pollution in Developing Countries: The Case of Nigeria. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 54, pp. 361-387

Yoshikura, T. ; Amano, M.; Chikaraishi, H. ; Supriyanto, B.; Wardhana, D. (2016) Evaluation of Appropriate Identification of Deforestation Agents and Drivers for Designing REDD+ Readiness Activities through an Examination of the Area around Gunung Palung National Park, Indonesia. Obtido em 23-09-2016, de http://file.scirp.org/pdf/OJF_2016041515345881.pdf

Zhu, T., Melamed, M., Parrish, D., Gauss, M., Klenner, G. L., Konare, A., & Liousse, C. (2012). WMO/IGAC impacts of megacities on air pollution and climate. *Urban Climate* (Vol. 41).

Anexos

ANEXO I - CRITÉRIO 1 – CIDADES COM MAIORES INDICES DE POLUIÇÃO DE PM₁₀

PM ₁₀ , fonte data base WHO							
Region	Country	City/Town	Annual mean, ug/m3	Year	Number and type of monitoring stations (PM ₁₀)	Temporal coverage	Reference for air quality
NGA	Nigeria	Onitsha	594	2009	1 station, NA	PM ₁₀ : <75 %, only day time monitoring but annually representative	Ngele and Onwu (2015), Reseach Journal of Chemical Sciences, Measurements of Ambient Air Fine and Coarse Particulate Matter in ten South-East Nigerian cities
Emr LMI	Pakistan	Peshawar	540	2010	1 station, 1 station: N/A	PM ₁₀ : NA	Alam K, et al. Aerosol size distribution and mass concentration measurements in various cities of Pakistan, J. Environ. Monit., 2011, 13, 1944
Emr LMI	Iran (Islamic Republic of)	Zabol	527	2012	1 station, NA	PM ₁₀ : <75 % but annually representative	Department of Environment
Emr LMI	Afghanistan	Mazar-e Sharif	334	2009	1 station, 1 station: urban outskirts	PM ₁₀ : <75%	Magnusson et al., Broad Exposure Screening of Air Pollutants in the Occupational Environment of Swedish Soldiers Deployed in Afghanistan; MILITARY MEDICINE, 177, 3:318, 2012
Sear	Índia	Delhi	229	2012	12 stations	PM ₁₀ : <75%	Central Pollution Control Board Índia, Environmental Data Bank; Atmospheric Research 166: 223–232 (2015); U.S. Department of State, Mission Air Quality; Open Government Data (OGD) Plateform Índia

ANEXO II - CRITÉRIO 2 – CIDADES COM MAIORES INDICES DE POLUIÇÃO DE PM_{2.5}.

PM_{2.5}, fonte data base WHO							
Region	Country	City/Town	Annual mean, ug/m3	Year	Number and type of monitoring stations (PM_{2.5})	Temporal coverage	Reference for air quality
Emr LMI	Iran (Islamic Republic of)	Zabol	217	2012	-	converted from PM10	PM _{2.5} :NA
Sear	Índia	Delhi	122	2013	10 stations, residential and others	measured data	PM _{2.5} :<75%
Emr LMI	Pakistan	Peshawar	111	2010	1 station, 1 station: N/A	measured data	PM _{2.5} :<75%
Sear	Índia	Agra	105	2012	-	converted from PM10	PM _{2.5} :NA
Sear	Índia	Bhopal	93	2012	-	converted from PM10	PM _{2.5} :NA
Wpr LMI	China	Beijing	85	2014	14 stations, NA	measured data	PM ₁₀ : NA; PM _{2.5} :<75 % but annually representative

ANEXO III - CRITÉRIO 3 – MEGACIDADES . Fonte: UN (2005)

TABLE 7. POPULATION OF CITIES WITH 10 MILLION INHABITANTS OR MORE, 1950, 1975, 2000, 2005 AND 2015

1950		1975		2000		2005		2015	
City	Population (millions)	City	Population (millions)	City	Population (millions)	City	Population (millions)	City	Population (millions)
1 New York-Newark	12.3	1 Tokyo	26.6	1 Tokyo	34.4	1 Tokyo	35.2	1 Tokyo	35.5
2 Tokyo	11.3	2 New York-Newark	15.9	2 Ciudad de México (Mexico City)	18.1	2 Ciudad de México (Mexico City)	19.4	2 Mumbai (Bombay)	21.9
		3 Ciudad de México (Mexico City)	10.7	3 New York-Newark	17.8	3 New York-Newark	18.7	3 Ciudad de México (Mexico City)	21.6
				4 São Paulo	17.1	4 São Paulo	18.3	4 São Paulo	20.5
				5 Mumbai (Bombay)	16.1	5 Mumbai (Bombay)	18.2	5 New York-Newark	19.9
				6 Shanghai	13.2	6 Delhi	15.0	6 Delhi	18.6
				7 Kolkata (Calcutta)	13.1	7 Shanghai	14.5	7 Shanghai	17.2
				8 Delhi	12.4	8 Kolkata (Calcutta)	14.3	8 Kolkata (Calcutta)	17.0
				9 Buenos Aires	11.8	9 Jakarta	13.2	9 Dhaka	16.8
				10 Los Angeles-Long Beach-Santa Ana	11.8	10 Buenos Aires	12.6	10 Jakarta	16.8
				11 Osaka-Kobe	11.2	11 Dhaka	12.4	11 Lagos	16.1
				12 Jakarta	11.1	12 Los Angeles-Long Beach-Santa Ana	12.3	12 Karachi	15.2
				13 Rio de Janeiro	10.8	13 Karachi	11.6	13 Buenos Aires	13.4
				14 Al-Qahirah (Cairo)	10.4	14 Rio de Janeiro	11.5	14 Al-Qahirah (Cairo)	13.1
				15 Dhaka	10.2	15 Osaka-Kobe	11.3	15 Los Angeles-Long Beach-Santa Ana	13.1
				16 Moskva (Moscow)	10.1	16 Al-Qahirah (Cairo)	11.1	16 Manila	12.9
				17 Karachi	10.0	17 Lagos	10.9	17 Beijing	12.9
				18 Manila	10.0	18 Beijing	10.7	18 Rio de Janeiro	12.8
						19 Manila	10.7	19 Osaka-Kobe	11.3
						20 Moskva (Moscow)	10.7	20 Istanbul	11.2
								21 Moskva (Moscow)	11.0
								22 Guangzhou, Guangdong	10.4